N° 4 28 FÉVRIER 1937

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Correspondance.

Anomalies et variations dentaires chez les Primates.

Ici même, dans le numéro du 31 octobre 1936 de cette *Revue*, M. le Prof. R. ANTHONY, du Museum national d'Histoire naturelle de Paris, a bien voulu analyser et critiquer un travail récent que j'ai présenté comme thèse de doctorat ès sciences : « *Anomalies et variations dentaires chez les Primates* ».

En faisant à ma modeste contribution l'honneur d'une première page de cette *Revue*, M. le Prof. R. ANTHONY m'oblige à lui témoigner une réelle gratitude. Mais à la façon discourtoise, dont il la présente et la critique, on voit qu'il s'agit bien moins d'examiner mon travail que de mettre en valeur ses propres recherches et celles de son élève, Mlle M. FRIANT. Je crains que la déformation tendancieuse qu'il inflige à mes résultats et à mes idées surprenne la bonne foi des lecteurs de cette *Revue*. Pour cette raison, il me paraît indispensable de mettre les choses au point.

Je n'ignore pas les fautes d'impression qui émaillent mon texte et dont il ne m'est même pas fait grâce. Nous y sommes tous exposés; en province plus qu'ailleurs, puisque nous n'y disposons pas des imprimeurs spécialisés qu'exigent les textes scientifiques.

Mais arrivons tout de suite à l'essentiel. Si j'ai cru devoir adopter la théorie trituberculaire des paléontologistes nord-américains (COPE, OSBORN, GREGORY, SIMPSON), ce n'est pas pour suivre la foule des anatomistes, bien que cette quasi-unanimité soit le meilleur éloge de leur hypothèse en tant que moyen de travail.

Les gabarits dentaires ne s'inventent pas ;
ils s'observent.

Même divisés sur leur interprétation et sur la signification de leurs diverses parties, les anatomistes sont frappés par leurs similitudes et en déduisent des homologies, grâce auxquelles ils pensent pouvoir reconstituer, au moins, grossièrement, l'évolution des Mammifères.

A l'inverse de l'immense majorité des naturalistes, M. le Prof. R. ANTHONY pose en principe que la théorie doit précéder les recherches et les diriger dans un certain sens. Nous persistons à penser avec beaucoup d'autres, que l'observation objective des faits est le travail préliminaire indispensable à l'édification de toute théorie. C'est donc bien une différence essentielle de méthode qui nous sépare de M. ANTHONY.

Je n'ai accepté la théorie trituberculaire, ni à la légère, ni par absence de sens critique. Elle n'est pas la seule en cours. Ainsi, la théorie de la dimérie est adoptée par la plupart des anatomistes des pays germaniques. J'ai signalé ses points faibles et je ne reviendrai pas ici sur les motifs qui me l'ont fait rejeter.

J'ai donné la préférence à la théorie trituberculaire parce qu'elle s'appuie sur un ensemble de faits anatomiques, embryologiques et paléontologiques vraiment impressionnants. Tout récemment, W.-K. GREGORY en a fait, en raccourci, un magistral

exposé (*An half century of trituberculism. Proc. Am. Phil. Soc., avril 1934, pages 169 à 317, 71 figures*). Je ne pense pas que M. le Prof. ANTHONY puisse accuser cet homme de science de manquer « d'une certaine culture philosophique et littéraire » sans laquelle on ne pourrait comprendre la théorie multituberculaire.

Mon sentiment national, que R. ANTHONY me dénie avec tant de générosité, aurait peut-être préféré que ces études fussent françaises, mais quand on ne trouve pas une méthode de recherche convenable en son pays, il faut bien la chercher là où elle se trouve.

Et si l'examen des faits m'avait conduit à accepter la théorie de la polybunie, je crois bien que, M. le Prof. ANTHONY et Mlle FRIANT mis à part, j'aurais été son unique adepte.

Cette théorie, d'ailleurs, aux dires même de ses auteurs, n'a pas le mérite de la nouveauté, puisqu'elle a été soutenue par FORSYTH MAJOR, il y a près d'un demi-siècle. Elle fut désavouée, dès sa publication, par presque tous les anatomistes; ce qui est d'un fâcheux présage.

Ici, je m'en tiendrai aux critiques actuelles :

Donnons tout d'abord la parole à W.-K. GREGORY (*loc. cit., p. 276*) «... Mlle FRIANT est obligée par sa théorie de la polybunie à faire la malheureuse bévue tactique de dénier que l'hypocône soit plus jeune que les trois cuspides primaires. Il lui est facile de la commettre, puisque apparemment elle n'a jamais considéré le témoignage direct de l'appariton de l'hypocône dans certains groupes (e. g. *Hyopsodontidae, Notharctidae Oxyclenidae, Arctocyonidae, Lepticidae, Erinaceidae*, etc...), ni le témoignage également convaincant des diagrammes d'occlusion des prémolaires et molaires de Mammifères variés, comme il en est figuré dans mon travail sur l'origine et l'évolution de la dentition humaine (qu'apparemment elle n'a jamais lu) ».

De son côté GAYLORD SIMPSON, à qui l'on doit tant pour la connaissance des Mammifères fossiles (*A catalogue of the mesozoic Mammalia, British Museum 1928, p. 164*), estime que la théorie voulant que les Multituberculés soient les ancêtres de certains ou de tous les Placentaires, ne supporte pas l'analyse. Aucun n'a de canine, ni plus d'une incisive inférieure. Seul leur nom rappelle la très problématique « polybuny theory ».

E. PATTE montre judicieusement que (*Remarques sur l'évolution des dents molaires chez les Mammifères, Paris 1934, Hermann et Cie éd., page 34*), « d'après la théorie de la multituberculie, les formes ancestrales sont multituberculées, mais les formes invoquées prouvent que ce multituberculisme ne peut être pris que dans un sens extrêmement large ». Et page 35, il déclare que « L'origine des Multituberculés peut, à l'inverse de ce que suppose la *polybuny theory*, être recherchée dans les formes triconodontes ».

Citons encore P. ADLOFF (*Ueber die Cope-Osborn'sche Trituberkulärtheorie und über eine Theorie der Differenzierüng des Saugethiergebisses von M. Friant. Anatomischer Anzeiger, BD. 80, Iena 1935, page 3*). « Toute sa théorie (celle de Mlle FRIANT) repose sur l'hypothèse que la cause admise est absolument juste, or comme cette explication causale, je l'ai prouvé, n'est pas admissible, on a ainsi la preuve de l'inadmissibilité de sa théorie ».

Pour ne pas abuser du lecteur, ajoutons simplement que Serge FRECHKOP écrit (*Notes sur les Mammifères: Bull. du Musée royal d'Hist. naturelle de Belgique 1935, p. 21*). « Il est pour le moins surprenant que M. FRIANT ait songé à intercaler entre la dentition carnivore des Reptiles et des premiers Mammifères et la dentition omnivore des Primates, une dentition herbivore ou rongeuse très spécialisée. »

Devant ce concert d'éloges, et à la suite de mes travaux personnels, ma conviction s'est faite d'elle-même.

S'il l'avait bien cherché, M. le Prof. ANTHONY aurait pu trouver dans mon travail autre chose qu'une contradiction à la théorie multituberculaire. Il aurait pu se rendre compte que dans le passage de la molaire inférieure sectoriale à la molaire tuberculo-sectoriale, puis à la molaire tuberculeuse, des écarts de différenciation s'enregistrent d'avant en arrière dans toutes les dents postcanines. Les décalages morphologiques deviennent apparents si l'on a soin de regrouper les dents d'une même série séparées par des décalages éruptifs, molaires temporaires et vraies molaires par exemple.

Les décalages morphologiques suivent une hiérarchie de différenciations qui retrace exactement les étapes annoncées par la théorie trituberculaire. Les marques anatomiques de ces étapes se retrouvent facilement chez les Primates les plus primitifs. Elles sont beaucoup plus difficiles à discerner chez les Primates supérieurs, car il n'en a jamais été fait mention, à cause de la confusion apportée par MAGITOT et LATASTE sur l'origine des vraies molaires. Mais j'ai eu le plaisir de retrouver dans la molaire temporaire inférieure mésiale, la moins différenciée de toutes, chez les Catarrhiniens ,l'Homme y compris, la molaire tuberculo-sectoriale, vestige de l'étape précédente; presque sectoriale chez le Gorille, presque tuberculeuse chez l'Homme (voir *Mammalia 1936. La dentition de l'Australopithecus africanus* Dart.). Cette dent apporte un nouvel argument en faveur de la théorie trituberculaire.

Je ne crois pas m'avancer beaucoup en prétendant que mon opinion favorable aux vues des anatomistes et paléontologistes nord-américains s'appuie sur des faits dûments observés par mes prédécesseurs et aussi sur les constatations personnelles que j'ai faites au cours de mes recherches sur les anomalies de la dentition chez les Primates.

Dr Ch. BENNEJEANT,
Professeur à l'École dentaire de Paris.

Par les citations qu'il contient, l'article qu'on vient de lire rend un compte exact de la manière

dont les trituberculistes discutent une question d'ordre scientifique général, et, plus précisément, défendent leur façon de comprendre le problème de l'évolution dentaire : Jamais ils ne répondent aux objections qu'on leur présente comme fondamentales, leurs arguuments n'étant que de détail, souvent sans rapport avec la question qui se pose, et toujours étrangers à la synthèse des faits. — En dépit de tous les efforts (voir ma chronique du 31 octobre 1936), il est radicalement impossible de les empêcher d'attribuer à leur contradicteur des dires qui ne sont point les siens, de lui imputer notamment le point de vue de la *phylogénie réelle* qui est précisément ce que l'on critique à la base même de leur système. De ce seul fait résulte que leur argumentation porte à faux : quand ils s'efforcent de démontrer, et ils ne font pour ainsi dire que cela (voir l'article ci-dessus), que les ancêtres des Mammifères actuels *sont* les Trituberculaires mésozoïques et non point les Multituberculés, en d'autres termes que le Trituberculisme phylogénique réel est *la vérité* et le Multituberculisme (ou Polybunie) *l'erreur*, nous ne considérons pas que cette discussion nous concerne. — Les trituberculistes abusent de l'argument d'autorité, et l'autorité qu'ils invoquent est la leur, comme si ceux qui les contredisent avaient jamais pu supposer qu'en les contredisant ils auraient leur approbation. — Enfin, et bien qu'on les leur rappelle sans cesse (voir ma chronique du 31 octobre 1936), ils veulent ignorer les travaux qui ont fait connaître des faits dont l'interprétation leur est défavorable... Et c'est ainsi qu'ils compliquent, au point de lui donner l'apparence d'être inextricable, le problème de l'évolution dentaire.

A la suite d'une conférence que j'ai faite au Congrès international de Zoologie de Lisbonne (1935), M. A. C. Hinton, le Directeur du service de Zoologie mammalienne du British Museum, rappelait que Forsyth Major avait déjà vu et fait voir autrefois l'inconsistance du trituberculisme américain en tant même que simple essai de reconstitution phylogénique. Voici les deux objections fondamentales que je lui oppose aujourd'hui et que j'ai développées avec toutes les autres dans un ouvrage très récemment publié à la librairie Hermann (Théorie de la dentition jugale mammalienne).

1° Le trituberculisme n'est pas une synthèse scientifique, et ne peut pas en être une, parce que le but qu'il poursuit est, comme il le proclame, la *reconstitution* de l'évolution dentaire *telle quelle s'est réellement faite* au cours des temps.

2° Loin de pouvoir être la forme originelle des molaires mammaliennes, la forme dentaire triangulaire et à 3 tubercules se présente, partout où on la rencontre, comme le résultat d'une régression dont on saisit le mécanisme.

Ce que je demande, c'est qu'on réfute ces deux objections en termes exprès, clairs, précis et directs.

Les Biologistes qui savent ce que c'est qu'une synthèse et les Anatomistes habitués à l'étude des problèmes d'anatomie générale en comprendront la portée et se rendront certainement compte de ce qu'il ne peut rien subsister du trituberculisme s'il reste incapable de les écarter.

R. ANTHONY.

§ 2. — Psycho-physiologie (d'après quelques livres récents).

Comme dans nos articles précédents nous grouperons les livres que nous avons reçus à la *Revue Générale des Sciences*, en deux catégories : les livres qui ont une tendance réaliste et les livres qui ont une tendance idéaliste ou mieux les livres qui nous obligent à réfléchir à la tendance idéaliste.

I. Tendance réaliste.

RICHET (Charles). — *L'Intelligence et l'Homme*[1].

L'illustre physiologiste qui vient de mourir nous laisse une dernière œuvre, un dernier enseignement encore empreint de son éloquence si simple, si claire et si éblouissante! C'est comme un testament scientifique. Chaque biologiste y puisera l'élan nécessaire à la recherche. La psychologie doit trouver sa base la plus solide dans la physiologie. La sensation et la douleur, avec leurs répercussions lointaines sont les phénomènes élémentaires qui permettent de comprendre la mémoire. Sans mémoire physiologique ni conscience, ni personnalité concevables.

La fixation est plus facile à expliquer ainsi que l'évocation des souvenirs. Celle-ci dérive de l'attention, un appareil d'excitabilité qui éclaire telle ou telle sensation. Les poisons et le sommeil en détruisant la mémoire abolissent la conscience et la personnalité. Le développement du langage, la création du mot dérivé de l'abstraction qui caractérise l'homme a entraîné l'extension de la mémoire et stimulé l'intelligence.

Le chapitre sur la Peur est avec le chapitre sur la mémoire le plus remarquable.

Charles Richet rappelle la physiologie du réflexe qui est le mécanisme mis en jeu dans la peur. Mais il insiste sur l'apport de la conscience dans l'intensité de la propagation des réflexes. L'inhibition du faible qui se cache et se terre ou l'excitation qui détermine la fuite sont des mécanismes automatiques que le physiologiste est le mieux placé pour comprendre. « L'excitabilité de chaque individu est assez variable suivant le moment de la journée, suivant l'état de santé ou de maladie. Selon qu'on est à jeun ou qu'on vient de dîner, les idées ne suivront pas le même cours. Un convalescent débilité par une longue affection nerveuse sera sans doute plus accessible à la peur que, quand il était robuste, bien portant, sortant de table ».

On sait que Charles Richet basait la Morale sur la douleur. Il revient avec la même maîtrise qu'en ses jeunes années sur ce sujet.

« La vie d'un être en plein état de jeunesse, de

1. *Etudes de Psychologie et de Physiologie*. Félix Alcan, éditeur.

force et de santé, est en soi agréable, voir même délicieuse, quand il y a libre épanouissement de toutes les fonctions physiologiques satisfaites. L'absence totale de sensations pénibles est en soi un plaisir, un bien-être, une joie... Cette santé parfaite, irréprochable, qu'aucune douleur ne viendra troubler, nous ne pouvons l'obtenir que d'une seule manière, c'est-à-dire en nous conformant à notre nature physiologique. Nous n'avons pas le droit de demander à nos organes autre chose que ce qu'ils peuvent donner. Toute infraction aux conditions normales de la vie se paie : tout abus est aussitôt compensé par une dégradation; toute faute est punie... nous dédaignons les précieuses leçons que la douleur nous donne. Nous gaspillons sans pitié les forces de notre organisme. Nous usons et abusons des poisons. »

La douleur est commune à tous les hommes. C'est même le seul sentiment qui soit tout à fait général. Le plus beau but qu'il convient d'assigner à la Morale est de diminuer la somme des douleurs qui meurtrissent la pauvre humanité.

BOVEN (Dr W.) — *La Science du caractère.* Essai de caractérologie générale[2].

Science? L'auteur se réfère aux données modernes de la neurologie et de la psychiatrie. Si l'on peut dire que la neurologie, surtout sous l'impulsion des auteurs français est devenue une science, la psychiatrie n'est pas encore capable de supporter le qualificatif de scientifique. Il faudrait des continuateurs aux Pierre Janet et aux Claparède pour que la pathologie mentale puisse définitivement faire partie de la biologie. W. Boven a le grand mérite de présenter avec un sens critique éveillé les théories des médecins psychologues. En lisant ce livre on aura une vue d'ensemble sur les très nombreux essais tentés dans l'espoir d'éclaircir la question capitale du caractère. Toute la vie est réaction à l'ambiance. Le « moi », qui se forme vers l'âge de trois ans, subit l'épreuve de la lutte et de la comparaison. Les circonstances pétriront ce « moi » et les traits de caractère en résulteront. L'adulte édifie un « surmoi » qui est une projection emblématique du « moi » rêvé. L'auteur attache une grande importance aux tests qui permettent d'évaluer la valeur des individus. Chapitre X et suivants : variations du caractère dans les races, les sexes, aux différentes périodes historiques et au cours des maladies du corps. Puis chapitre XIV : pathologie du caractère et chapitre XV : hérédité et caractère. Le livre se termine sur des considérations importantes concernant la réforme de l'éducation[3].

P. LESTER et J. MILLOT. — *Les Races humaines*[4].

L'anthropologie, au lieu de se limiter à des mensurations physiques, commence à recueillir des documents sur le fonctionnement physiologique. Il convient d'insister sur ce grand progrès. La période de croissance n'est pas la même suivant les races : elle est plus active chez le nègre de 0 à 5 ans et chez le Philippin de 14 à 16 ans ! — Le métabolisme basal, très bas chez les Chinois, est très élevé chez les Améridiens. Les différences peuvent dépasser 25 %.

Les groupes sanguins font l'objet d'un chapitre particulièrement substantiel. La régulation thermique des nègres est expliquée par une abondance plus grande des glandes sudoripares ! Signalons enfin un intéressant chapitre sur la pathologie comparée des races.

Un pas de plus et les anthropologistes rattacheront la physiologie à la psychologie dans la mesure où cela est possible.

GUERNIER (E.-L.). — *Le Destin des continents*[5].

Trois continents. Trois civilisations. Trois destins.

La psychologie des individus est façonnée par les circonstances. Des forces historiques complexes orientent l'activité des hommes. Il faut obéir ou périr. Les rares individus qui paraissent diriger les évènements, en réalité comprennent mieux que d'autres les voies où les foules doivent s'engager. Les lois économiques sont inéluctables. L'auteur montre comment l'Amérique a échoué en voulant mettre la main sur l'Europe et comment l'Europe trouve le chemin barré du côté de l'Asie qui s'éveille.

Des fuseaux s'allongeant du Nord au Sud orienteront de plus en plus les circulations économiques. La solidarité de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud se scelle depuis quelques années. L'Europe, limitée dans ses aspirations, doit se contenter d'exploiter l'Afrique. Le Japon brimé par l'Europe allonge son influence sur l'Asie. La psychologie individuelle est obligée de se courber aux cadres nouveaux qui s'offrent à l'activité de la personne sociale.

II. Tendance idéaliste.

JANKELÉVITCH (V.). — *L'Ironie*[6].

Pascal avait opposé l'obscurité du mystère à l'évidence cartésienne. Entre les deux, aujourd'hui, comme au temps de Pascal, comme au temps de Socrate, il y a place pour l'Ironie. L'auteur avec finesse nous en décrit les visages mais aussi les pièges. Chapitre I : L'Ironie est la conscience; chapitre II : Les visages de l'Ironie. De la simulation; chapitre III : Des pièges de l'Ironie. Lire page 128, une belle page sur la Pudeur.

FELDMAN (V.). — *L'Esthétique contemporaine.*

DUVAL (Maurice). — *La Poésie et le principe de transcendance. Essai sur la création poétique*[7].

Les idéalistes, dans l'histoire, ont souvent eu leur revanche sur les réalistes !

2. Editions Delachaux et Niestlé (Prix : 40 fr.). 351 pages.
3. Le récent livre de Jean BOURJADE : *L'Intelligence et la pensée de l'Enfant* (Alcan, éditeur), en un raccourci saisissant, montre les grands progrès dans ces dernières années de la psychologie de l'enfant. Les pédagogues devraient nous apprendre s'il y a réellement à toutes ces découvertes des applications utilisables.
4. Armand Colin, éditeur.
5. 287 pages. Félix Alcan, éditeur (Prix : 25 fr.).
6. *Nouvelle Encyclopédie.* Alcan, éditeur.
7. Félix Alcan, Paris.

L'ironie peut mordre ceux qui tranchent d'un ton trop absolu.

Opposons, à ce propos, les deux livres signalés ci-dessus.

V. Feldman prétend constituer une science esthétique. Les facteurs historiques et géographiques dans la découverte des techniques et dans la formation du goût ne sauraient être niés. Que l'art soit une activité de luxe, à certains égards comparable au jeu, se faisant jour quand les besoins primordiaux sont satisfaits, cela n'est pas contestable. L'art, sans doute aussi, tendant à produire des objets se courbe à des règles vaguement assimilables à l'industrie ? Qu'on épuise avec Lalo le rôle de la Sociologie dans l'édification de formules artistiques; qu'on insiste, en élève docile de Basch, sur la valeur des sentiments du spectateur ou même qu'on scrute le fond biologique des impressions esthétiques, à la manière du génial Guyau... il nous faudra encore écouter l'autre son de cloche.

Les réalistes disent que le génie est un monstre parce qu'il échappe à leurs explications ! Je préfèrerais avancer, pour ma part, qu'un être comme Michel-Ange est un demi-dieu plutôt qu'un monstre. Bien que la fonction de transcendance dont parle M. Duval n'apparaisse pas aussi clairement à notre esprit que le réflexe ou l'inhibition, il convient de reconnaître qu'il faudra dépasser, dans l'analyse psychologique, les faits trop simplistes que les réalistes essaient de nous faire admettre comme explication complète et définitive.

René Porak.

§ 3. — Physique.

Action des ions gazeux sur la stabilité des solutions colloïdales.

Le savant russe Tchijevsky qui dirige à Moscou le laboratoire central d'ionisation a étudié dans des recherches encore inédites et dont il a bien voulu nous communiquer les résultats, l'influence que les ions de l'air, obtenus artificiellement sous de fortes concentrations, exercent sur diverses solutions colloïdales, en vue d'examiner si les ions gazeux de l'un ou de l'autre signe sont susceptibles de modifier la stabilité des systèmes colloïdaux. Quelques expériences préliminaires ont été exécutées : 1° en concentrant le flux d'ions gazeux sur la surface d'une solution colloïdale disposée dans une cuve plate; 2° en faisant barboter l'air ionisé à travers la solution colloïdale dont la surface était soumise au rayonnement du bromure de radium.

Les résultats ainsi obtenus s'accordent avec l'hypothèse que les ions d'un signe déterminé sont susceptibles d'accélérer la floculation d'une solution colloïdale dont les granules ont un signe opposé. M. Tchijevsky a ensuite entrepris l'étude plus complète du phénomène. Un courant de haute tension (75.000 v.) et de faible débit (0,3 m. A) redressé par kénotron alimentait un groupe de pointes (300 pointes par mètre carré) qui ionisaient fortement l'air environnant. Suivant le signe du potentiel appliqué, on pouvait produire à volonté un excès d'ions de tel ou tel signe. Un ventilateur disposé derrière le groupe des pointes permettait d'envoyer un courant d'air ionisé dans une direction déterminée. Un réseau métallique, mis en communication avec le sol et disposé sur le passage du courant d'air, protégeait la cuve à expérience contre l'action des lignes de force du champ électrique; cette cuve était installée à 60 cm. du groupe des pointes et à 10 ou 20 cm. du réseau mis à la terre, dans une région où le nombre d'ions arrivant par seconde et par centimètre carré était de l'ordre de 10^8 à 10^9. La solution colloïdale contenue dans la cuve s'en écoulait lentement par un certain nombre d'ouvertures percées à la partie inférieure et était reçue sur un groupe de plaques de verre inclinées, de manière à accroître la surface de contact entre la solution et l'air ionisé. Les expériences témoins étaient faites dans des conditions identiques, à cette différence près que le système de pointes n'était pas mis en communication avec la source de haute tension et que l'air arrivant sur la solution colloïdale n'était pas ionisé.

Les expériences ont porté sur des sols d'or, d'argent, de mastic, de colophane, de rouge-congo et d'hydrate ferrique. Dans chaque cas, on soumettait à l'électrophorèze, de manière à déterminer le potentiel de leurs granules, divers échantillons de la solution colloïdale ayant subi respectivement l'action d'air chargé d'ions positifs, d'air chargé d'ions négatifs et d'air non ionisé. Ces divers échantillons étaient également étudiés par une méthode spectrophotométrique de manière à suivre les variations des coefficients d'absorption pour diverses longueurs d'onde.

L'action de l'air ionisé n'entraîne que de faibles variations des coefficients d'absorption, mais elle détermine des variations plus nettes du potentiel des granules colloïdaux, principalement pour les sols de colophane, de mastic et d'or dont les granules sont négatifs : dans ces cas, le flux d'ions négatifs augmente la charge des particules et stabilise le sol, tandis que le flux d'ions positifs diminue la charge des particules et la stabilité du sol. De même le sol d'hydrate ferrique dont les granules sont positifs est stabilisé par le flux d'ions positifs. Les modifications ainsi produites sur les solutions colloïdales par l'action des ions gazeux persistent pendant plusieurs jours.

Des expériences de contrôle ont permis de s'assurer que l'ozone, pas plus que les composés nitreux ou nitrés que l'effluve pouvait produire, n'intervenaient sur les résultats.

A. Boutaric.

REVUE D'AGRONOMIE

L'acquisition, par l'Homme, d'un contrôle de plus en plus effectif des facteurs naturels de la production a eu pour résultat ce qu'il est convenu d'appeler la « crise », c'est-à-dire une rupture d'équilibre entre les possibilités de production d'une part, les besoins réels et les moyens de les satisfaire d'autre part; c'est, sans doute, dans le domaine de l'Agronomie que cette rupture s'est manifestée avec la plus grande gravité. A mesure donc que les progrès de la Biologie et de la Physicochimie, soumettant aux techniques agronomiques les facteurs de la production, permettaient à l'agriculteur de diriger plus efficacement la production, les Etats tendaient de plus en plus à se substituer aux individus pour diriger cette production. Notre période d'ajustements et d'adaptations en vue de réaliser des programmes se caractérise par le développement croissant de l'*autarchie* économique, que la théorie condamne presque universellement, et par la formation de combinaisons économiques entre pays politiquement associés. Enfin l'industrialisation croissante des pays dits agricoles modifie profondément l'économie des relations internationales.

L'économie dirigée. — L'Economie dirigée implique que, parmi le grand nombre de possibilités naturelles de production, une discrimination, une sélection, favorisera les réalisations avantageuses pour tel ou tel intérêt, particulier ou général.

Trop souvent, la sélection s'est exercée en faveur d'intérêts immédiats, particuliers ou locaux, au détriment d'intérêts supérieurs, plus généraux et de conséquences lointaines.

A des peuplements naturels, correspondant à un équilibre biologique stable, le défrichement a substitué des cultures qui ont épuisé en quelques années la fertilité du sol; à des plantes sauvages ou à des variétés localement cultivées depuis des siècles, l'appât de « l'intensification de la production » a fait substituer les « plantes à grand rendement ». Cette augmentation de quantité par dilution de principes actifs, par diminution des qualités requises par les consommateurs, cause une pléthore de produits, incapables de rémunérer le producteur parce que incapables de satisfaire aux besoins réels du consommateur, de qui le pouvoir d'achat est diminué par le gaspillage des richesses naturelles auquel aboutit la rupture des équilibres naturels.

Le Producteur. — La production agricole dans le monde est presque exclusivement le résultat de l'activité de la classe paysanne représentée par des individus ne possédant guère de capital, n'ayant pas acquis les commodités d'existence que les progrès techniques ont mis à la disposition des travailleurs industriels, et dont la pensée dominante est dirigée vers le travail qui, pour eux, ne représente pas une voie d'accès vers la richesse, mais la condition de la survie.

L'activité d'un propriétaire paysan a un moindre rendement énergétique que celle d'un employé d'exploitation motorisée.

« La « ferme » anglaise occupe une ou plusieurs familles : un homme suffit dans une exploitation agricole du Saskatchewan (Canada). Néanmoins, presque tous les Gouvernements favorisent le maintien de la classe paysanne, élément de stabilité dans l'Etat, seule capable de se suffire en période de crise économique, et réserve de pouvoir humain en temps de guerre ». (Sir John Russel, *Nature*, v. 136, n° 3432, p. 200, août 1935.)

La crise actuelle constitue pour la classe paysanne une grave menace : la traditionnelle coopération du capital et du travail (fermage ou métayage) n'est plus possible lorsque le propriétaire, ayant perdu la plus grande partie de son capital, ne peut plus faire à l'exploitation les avances nécessaires pour permettre au travail de s'exercer utilement.

Dans bien des cas, c'est l'Etat qui fait ces avances.

C. S. Orwin imagine que l'Etat finira par s'approprier la terre pour l'exploitation de laquelle il a fourni ou fournira le capital, sans, nécessairement, en diriger le mode d'exploitation.

Sir John Russel, faisant état « de l'échec de l'exploitation par l'Etat en France durant la Révolution, en Angleterre durant la Guerre, en Russie, après », ne prévoit pas de profonde modification politique ou économique de l'Agriculture mondiale : les Gouvernements peuvent d'ailleurs

trouver plus expédient de se réserver les seules formes d'activité financées par des contributions prélevées sur les produits de l'exploitation de la propriété individuelle : ces contributions atteignant, par leur importance, la signification d'un véritable loyer.

Deux politiques s'affrontent quant au prix payé pour les produits de la ferme au producteur : l'une, vers laquelle inclinent la plupart des gouvernements, tend à relever artificiellement ces prix.

La seconde cherche la solution de la crise rurale dans l'abaissement du prix de revient des produits agricoles, par une répartition judicieuse des cultures, par leur concentration sur les sols favorables, par l'utilisation de races génétiques qui, grâce à une nutrition convenable et une protection efficace contre les parasites puissent, non seulement, fournir de forts rendements, mais surtout fournir des produits *de qualité*.

Le Consommateur. — L'abaissement du prix provoque une augmentation de consommation de denrées et de matières premières industrielles.

Jamais le monde n'a produit tout ce qui est nécessaire pour l'alimentation de l'homme. Sans doute y a-t-il surproduction de celles de ces denrées que le consommateur moyen peut se payer pour vivre. Mais, aux Etats-Unis, même en l'année de plus grande prospérité, 75 % de la population non rurale étaient incapables de se procurer une alimentation convenable, et 90 % étaient incapables de se nourrir « selon leurs goûts ».

En 1929 la population des Etats-Unis (d'après Lynd et Woodyard) avait dépensé 17 « billions de dollars » pour sa nourriture, 6,5 pour des automobiles, 1,5 pour du tabac.

De la dépense totale investie pour la nourriture, 56 % furent dépensés pour la seule satisfaction de la faim, 15 % seulement pour la satisfaction du goût ou de l'odorat (THORNDIKE).

Les progrès de nos connaissances sur les Vitamines ont modifié nos conceptions sur les régimes alimentaires (Cf. DELAUNAY, *R. G. S.*, 46 : 585) et mis en évidence des besoins spécifiques.

Les constituants essentiels d'un régime sont des protéides de bonne qualité biologique, des lipides, des hydrates de carbone, des sels minéraux et des vitamines. La valeur calorifique devrait être de l'ordre de 3.000 à 3.400 calories par jour pour un homme normal. La valeur d'une protéide est d'autant plus grande que les amino-acides qui entrent dans sa constitution sont plus voisins de ceux qui constituent les tissus du consommateur; les graisses ne peuvent être utilisées en l'absence des hydrates de carbone.

Les légumes et les fruits frais ne sont pas un luxe, mais une nécessité alimentaire. Les aliments dérivés des céréales ne doivent pas exclure les produits d'origine animale : lait, à défaut de viande : CORRY MANN a observé les moyennes suivantes de croissance chez des jeunes garçons recevant :

Régime quotidien	Hauteur mm.	Poids kgs
1. Régime de base..........	46	1,75
2. Régime de base + 50 gr. de de beurre..............	55	2,65
3. Régime de base + 570 cm³ de lait..............	66	3,17

Dans divers pays, le mode d'alimentation varie pour s'ajuster aux besoins révélés par les recherches sur la nutrition : en Angleterre, par rapport à la moyenne 1924-1927, la consommation individuelle en 1932 avait diminué de 21 % pour la margarine, augmenté de 40 % pour le beurre, 33 % pour les œufs, 15 % pour le lait, 8 % pour les fruits; enfin les consommateurs commencent à s'inquiéter de la *qualité* de chaque aliment : la richesse du beurre en vitamines A est fonction de sa richesse en carotène : le beurre d'hiver est moins riche en vitamine que le beurre d'été; les colorants incorporés aux beurres d'hiver pour masquer ces déficiences sont des pigments caroténoïdes, mais l'ironie du sort fait que souvent ce sont des pigments qui possèdent peu d'activité vitaminique A (ARMSTRONG).

Les heureux effets de la consommation des plantes vertes par le bétail et la différence de valeur alimentaire du maïs blanc et du maïs jaune tiennent au rôle des vitamines; le rationnement ne peut être basé sur un simple calcul de calories.

La population humaine. — Jusque vers l'année 1630, écrit PEARL, la population humaine, après 100.000 années d'évolution, ne comptait que 445 millions d'individus. Ces individus faisaient partie d'un équilibre biologique où le libre jeu des lois du hasard assurait à la moyenne des individus les possibilités de survie. Au cours des trois derniers siècles, les progrès de la connaissance humaine ont modifié cet équilibre naturel pour permettre à la population de pulluler jusqu'à plus de 2 milliards d'humains, correspondant à une densité de 15 individus par kilomètre de surface de terre, bonne ou mauvaise.

« Il est indéniable que cette densité est la source des sensations d'inquiétude qui s'observent actuellement dans l'humanité... Ne peut-on craindre de voir l'Homme s'engager dans une guerre qui, une fois amorcée, ne prenne dans ses réseaux la majeure partie de l'humanité ? (PEARL).

Les progrès de la recherche agronomique ne pourraient-ils apporter à cette inquiétude humaine des remèdes efficaces ?

Les buts de la Recherche agronomique. — L'Agriculture est, pour la plupart des hommes, le moyen d'obtenir non seulement la nourriture mais le travail, « Les travailleurs doivent continuer d'exister même si leur travail devient inutile ». « L'économie dirigée doit prendre en charge non seulement l'excès des récoltes qui encombrent les marchés des produits agricoles, mais aussi l'excès de main-d'œuvre qui encombre le marché du travail et l'excès d'argent qui encombre le marché du capital; cette prise en charge n'est possible que grâce à une augmentation de la production. Il importe que les produits de l'activité nationale, en Agriculture, comme en Industrie, en Science ou en Art répondent aux besoins des consommateurs. La production anarchique ne tenant aucun compte des besoins réels, il faut éduquer le consommateur à acquérir et à utiliser judicieusement ce qu'il peut se procurer parmi les produits que lui offre l'immense pouvoir de production de notre temps. » (Wallace). Si profondément humaine qu'elle soit, puisque l'Homme est initialement l'outil de la production agricole, qui a pour but de modifier les facteurs naturels au profit de l'Homme, cette Science, comme les autres sciences appliquées, doit ses plus grands progrès aux recherches désintéressées, dites de science pure.

Les méthodes de la Recherche Agronomique. — De toutes les sciences, l'Agronomie est celle où les phénomènes étudiés dépendent du plus grand nombre des phénomènes antécédents qui échappent au contrôle expérimental; même lorsque W. Gericke, à l'Université de Californie, réalise « sur une échelle de production commerciale la production de récoltes de légumes et de fleurs, en solution nutritive chauffée électriquement » même dans un milieu physiquement et chimiquement défini, le « rendement » dépend d'une suite de phénomènes métaboliques que les Physiologistes n'ont pas encore interprétés pour l'Agronome.

Le Physiologiste, dans ses expériences, se propose de « ne faire varier qu'une variable à la fois »; l'Agronome y tend par le contrôle expérimental des facteurs physiques, au laboratoire, ou par la disposition judicieuse d' « essais comparatifs » dans les champs; mais, la détermination, de plus en plus étroite, des conditions de l'expérience, diminue le degré de généralité des résultats expérimentaux.

Le Physicien, le Chimiste ou le Physiologiste s'intéressent à la variation d'un caractère mesurable, tous les autres étant supposés demeurer constants.

En Agronomie, ce qui importe, c'est de savoir comment plusieurs caractères varient simultanément, et s'il y a entre eux une relation. Certaines causes étant présumées produire un certain effet, ce qui importe, c'est :

1° de déceler une relation éventuelle entre l'ensemble des phénomènes antécédents et le résultat observé;

2° de mesurer cette relation (Love).

Les méthodes, créées par Pearson, perfectionnées en Angleterre par Fisher, aux Etats-Unis, par Love, pour résoudre les problèmes agronomiques, ont eu sur la pensée humaine une influence profonde.

Autrefois, seule, l'étude de la « causalité » méritait le nom de science expérimentale; maintenant l'étude de la « corrélation » nous permet d'acquérir une connaissance « généralisée » des faits de la Nature; elle permet la « prédiction », qui est la principale et la plus utile des fonctions de la Science. L'Economie dirigée postule la prévision de la marche naturelle des phénomènes agronomiques et des conséquences de l'ingérence humaine.

Chacun connaît le pouvoir de prédiction des sciences mathématiques pures et de certaines sciences mathématiques appliquées à l'Astronomie ou à la Mécanique.

Impressionnés par l'élégance des lois de Newton, les « mécanistes » du XVIIe siècle ont négligé la philosophie de Newton : résumée à deux préceptes :

1° Ne pas admettre plus de causes qu'il n'est nécessaire pour expliquer les apparences de la Nature;

2° Attribuer aux mêmes causes les mêmes effets, cette philosophie est la base de la mécanique quantique moderne; elle explique la loi de Causalité sous une forme telle que le « principe d'incertitude » ne prévaut pas contre elle; elle est assez générale pour permettre, à l'agronome, de se former une image utilisable du monde qu'il s'efforce de modifier à son gré. La théorie quantique reconnaît que « la connaissance du passé du monde physique ne fournit pas une base suffisante à la prédiction exacte de son avenir. C'est seulement dans un monde imaginaire, au sujet duquel les phénomènes accessibles à nos sens ne nous fournissent aucune information, que les événements peuvent être conçus comme rigidement déterminés;... dans le monde physique, les événements semblent suivre les lois du hasard (Compton) : l'Agronomie avait été l'une des premières sciences à donner du monde une représentation statistique à la suite des travaux de Mendel. Beaucoup considèrent comme l'idéal, en Agronomie, l'emploi des méthodes expérimentales qui ont

assuré, à la Physique et à la Chimie, leur récent développement.

Mais, l'Agronomie, dont la vocation est de satisfaire aux besoins de l'Homme, doit se préoccuper d'abord de ces caractéristiques des êtres vivants qui sont accessibles à nos sens.

Quand une expérience a permis de provoquer une modification de forme ou de structure, il faut d'abord définir cette modification en tant qu'elle est accessible à nos sens, par lesquels nous en acquérons la connaissance; par conséquent, les phénomènes du développement (ou leurs modifications expérimentales) doivent être exprimés en termes morphologiques avant d'être exprimés en termes physico-chimiques; cette nécessité tend périodiquement à être méconnue par un retour à la doctrine de Democrite; « selon la convention, il y a du doux et de l'amer, du chaud et du froid, il y a de la couleur; en vérité, il y a des atomes et le vide »; ces accès récurrents de « mécanisme » mettent l'effort humain en face d'une concomitance d'atomes en un monde amoral, jusqu'à ce qu'apparaisse à nouveau l'inaptitude de cette philosophie à décrire ce qui, dans la vie, a pour nous un sens réel (Compton).

Les progrès de la Science s'acquièrent par des mesures : mais encore devons-nous choisir judicieusement, parmi ce qui est accessible à nos sens, les phénomènes que nous soumettons aux mesures. En voici quatre exemples :

1. Hormones. — Depuis les premières recherches de Went, les mesures de la croissance et de la courbure de la « coléoptile » d'avoine servent à l'étude de l'effet des hormones végétales; mais, c'est tout récemment que Avery et Burkholder, déterminant la distribution et la durée des divisions cellulaires, et mesurant les variations de taille des cellules de tous les tissus de cette feuille, ont fait porter les mesures sur les phénomènes même dont dépend fondamentalement l'effet des hormones sur le développement.

L'excitation de la croissance qui, dans la Nature, dépend de l'hormone de croissance ou auxine, peut être provoquée par l'acide indole-acétique qui mérite dès lors le nom d'hétéro-auxine.

Continuant les recherches qui avaient valu à Zimmerman et Hitchcock, en 1936, le prix annuel de l'American Association, Gustafson a provoqué la formation de fruits sans graines, en décapitant le stigmate de fleurs non encore fécondées, et en plaçant sur la blessure de la lanoline contenant un mélange des acides indole propionique, indole butyrique, indole acétique et phényl acétique.

2. Maladies a virus des plantes. — Depuis longtemps, on savait que les Pommes de terre « dégénéraient » moins vite sous les climats maritimes de Hollande, de Bretagne, du Pays de Galles, d'Irlande, que sous les climats plus chauds et moins humides de régions voisines plus continentales; mais la sélection efficace des pommes de terre saines n'a pu être réalisée que depuis que nous savons que la grande humidité de l'air inhibe la tendance au vol des pucerons vecteurs du virus Y, principale cause de maladie de dégénérescence (Davies, 1935).

Les recherches entreprises, sur les virus des plantes, dans le but de prévenir les maladies à virus, ont abouti à l'extraction, du jus de Tabac affecté par le virus de la mosaïque, d'une protéine cristallisable d'un poids moléculaire de 17.000.000, possédant les propriétés du virus (Stanley).

Bawden étudie ces molécules de protéine, en forme de bâtonnets de 1.000 A de long, qu'il considère comme des cristaux liquides.

Gowen et Price constatent que l'absorption d'une unité d'énergie de rayons X suffit à inactiver une particule de virus.

3. Maladie du Tabac. — Les planteurs de Tabacs redoutent la maladie du « feu rouge » (wildfire, wildfeur) surtout sur les sols relativement riches en azote soluble, et après les pluies battantes; ce sont des recherches histologiques qui ont montré que les tissus foliaires riches en azote subissent facilement, sous l'impact des gouttes de pluie, des modifications qui rendent possible la pullulation des bactéries pathogènes (Clayton).

4. Fatigue du Sol. — La « fatigue du sol » constatée dans la culture des léguminieuses et en particulier de la luzerne se traduit par une diminution apparente de la vigueur de la plante.

Dans toutes les Luzernes, âgées de plus d'un an, de provenances diverses, Demolon et Dunez ont trouvé du Bactériophage dans les nodosités, les racines et les tiges, mais jamais dans les feuilles.

C'est dans les nodosités âgées, examinées avant le stade de résorption, que l'activité du bactériophage est maxima.

Les différentes lignées du *B. radicicola* sont inégalement résistantes à un bactériophage déterminé; certains bactériophages se montrent beaucoup moins actifs que d'autres.

Le Bactériophage formé dans la plante passe dans le sol; à partir du moment où le Bactériophage a diffusé dans toute la masse exploitée par les racines, on observe le déclin de l'activité fixatrice de la plante à l'égard de l'azote atmosphérique.

Tant que la Luzerne développe son système radiculaire en profondeur, elle peut former de nouvelles nodosités et se comporter comme fixatrice

d'azote; cette situation cesse lorsque le bactériophage a diffusé dans toute la masse de terre exploitée par les racines; à partir de ce moment, il n'y a plus de symbiose bactérienne et la plante végète comme une non légumineuse en perdant de sa puissance végétative.

La diffusion, dans le sol, du Bactériophage, entraîne la disparition du *B. radicicola.* L'infection naturelle par la surface se propage difficilement en profondeur dans les terres fortes; même après disparition du Bactériophage, le sol demeure assez longtemps impropre à une nouvelle culture. Dans ce cas, l'inoculation de la graine de légumineuse, avant semis, par une culture virulente de *B. radicicola,* assure l'obtention d'un développement très satisfaisant en l'absence de tout engrais azoté.

Les mêmes faits ont été vérifiés par les auteurs sur le trèfle.

Conclusions.

L'Agronomie a pour objet de substituer, à un équilibre biologique naturel, un équilibre biologique artificiel, permettant d'obtenir, par unité de surface, un maximum de récolte utilisable avec maximum de profit pour l'Agriculteur.

Ainsi définie, l'Agronomie a pour objet de favoriser la croissance d'individus de certaines espèces ou variétés, sources de produits alimentaires, fourragers ou industriels, aux dépens de certains autres, qui doivent être supprimés; l'Agronomie est donc par essence, la Science de la sélection c'est-à-dire la Science de la Vie et de la Mort.

Responsabilité redoutable : « l'aménagement agronomique de la terre doit tenir compte de la « vie sauvage » qui a une valeur propre, et qui possède des droits que nous ne pouvons impunément méconnaître ». (H. A. Wallace 1936).

Du point de vue de l'Evolution, l'ensemble de nos efforts pour connaître les lois de la Nature et pour les faire jouer à notre avantage, représente un aspect de l'adaptation d'un organisme à son milieu : une espèce ne survit qu'en tant qu'elle s'adapte : les lois de la nature paraissent bienveillantes à l'organisme qui a su s'adapter.

La Nature est-elle notre amie : Oui, si nous voulons apprendre ses lois et leur conformer notre vie : sinon, elle devient notre implacable ennemie (Compton).

J. Dufrénoy,
Directeur de la Station d'agronomie de Pont-de-la-Maye.

BIBLIOGRAPHIE

Les facteurs de la production et la consommation :

Armstrong (K. F). : The Carotenoids. *Nature* : 135-324.
Mc Kay (H.) et Patton (M. B.) : A Study of the Food Habits and Physical Development of Preschool Children Over a Two-Year Period with Spécial Reference to Seasonal Variations in Growth. *Agr. Exp. St. Wooster, Ohio, Bul. 549, 1936.*
Thorndike (E. L.). : Science and values. *Science*, 83 : 7.

Vitamines. — Facteurs de Croissance.

Avery (G. S) Jr. Differential distribution of a phyto hormone in the developing leaf of Nicotiana, and its relation to polarized growth. *Bul. Torrey Bot. Club*, 62 : 313-330.
Bourne et Allen : Vitamin C in lower organisms. *Nature*, 136 : N° 3431.
Chouard (P.) : Action de la Folliculine et de la Thyroxine sur les Reine-Marguerite. *C. R, Soc. Biol.* 117 : 1180.
Harris (L. J.) : Vitamins, *Ann. Rev. Bioch.* 4 : 331.
Hitchcock : *Contr. Boyce Thompson Institute*, 7 : 1-87, 1935.
Kuhn (P.) : Plant Pigments, *Ann. Rev. Bioch*, 4 : 479.
Lane (R. H.) : The inhibition of roots by growth hormones, *Am. J. Bot.* 23 : 532-535, 1936.
Laszlo Havas : Follicular hormone and plant tumors, *Nature*, 136 : n° 3339.
Michener (H. D.) : Effects of Ethylene on plant growth hormone, *Science*, 88 : 551.
Roberts (H. H.) et Livingston (N.) : Plant Pigments and reproduction, *Science*, 82 : 596.
Synnove von Hausen : Effect of ascorbic acid on plant growth. *Nature*, 136 : n° 3439.
Kenneth (V.) et Thimann : Growth substances in plants, Auxins and the growth of roots, *Am. J. Bot.* 23 : 561-569, 1936.
Went (F. W). : *Botanical Review*, 1 : 162.
Vickery (H. B.), Pucher (C. S.), Leavenworth et Wakeman : Chemical investigations of the tobacco plant. V. Chemical changes that occur during growth. *Connecticut Agr. Expt. Stat, Bull*, 374 : 558-619 (New Haven).
Zimmerman (P, W.) and Hitchoock (A. E). : The effect of Subjecting plants to Light and Dark prior to Treatment with Growth Substances. *American Journal of Botany* 22 : 910.

Virus.

Bawden, Pirie, Bernal et Fankuchen : Liquid Crytalline substances from virus-infected plants. *Nature*, 138 : 1051, 1936.
Gowen (J.-W.) et Price (W.-C.) : Inactivation of tobacco-mosaic virus by X rays. *Science*, 84 : 536-572, 1936.
Stanley (W.-M.) : Chemical Studies on the virus of tobacco-mosaic. *Phytopathology*, 24 : 1055-1085, 1934; 24 : 1269-1289, 1934; 25 : 899-921, 1935; 26 : 305-320, 1936.
Watson (M. A. Hamilton) : Factors affecting the amount of infection obtained by Aphis transmission of the virus Hy III. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 226 : 457-489, 1936.

Bactériophage.

Demolon (A.) et Dunez (A.) : Recherches sur le rôle du bactériophage dans la fatigue des Luzernières. *Ann. Agro.* Paris N. S. 1935 : 89-111, 1936 : 434-454 et C. R. Ac. Agric., 1936.

Méthodes statistiques et Génétique.

Caullery (Maurice) : Les conceptions modernes de l'hérédité. Flammarion, Paris, 1935.
Dufrenoy (J.) : Méthodes statistiques appliquées à la Pathologie végétale. *Ann. Epiphyties et Phytogénétique*, 1 : 150-256, 1936.
Fisher (R. A.) : The Design of Experiments. Oliver and Boyd, London, 1935.
Love (H. H.) : Application of statistical methods to Agricultural Research, *The Commercial Press Shanghai*, 1936.
Riker (A. J. et R. S.) : Introduction to research on plant diseases. J. S. Swift Co, Saint-Louis, 1936.
Snedecor : Calculation and interpretation of Analysis of Variance and covariance. *Collegiate Press, Ames, Iowa*, 1934.
Year book of Agriculture, Washington, 1936.

STRUCTURE MOLÉCULAIRE ET ONCTUOSITÉ DES LUBRIFIANTS

Lorsqu'on interpose une couche d'huile de graissage entre deux surfaces métalliques, deux cas doivent être envisagés.

Dans le premier cas, la couche liquide est relativement épaisse, et le déplacement d'une des surfaces par rapport à l'autre peut être obtenu par application d'une force infiniment petite : on dit alors que l'on a affaire au graissage par film liquide ou encore au frottement fluide. Ce cas de graissage — que l'on trouve fréquemment dans la pratique, par exemple dans le graissage des machines tournant à grande allure (turbines) — relève de l'hydrodynamique des fluides et a donné lieu à d'importants travaux dus à SOMMERFELD, PETROV, REYNOLDS, M. BRILLOUIN, etc. L'huile joue ici un double rôle : diminution du coefficient de frottement et évacuation des calories grâce à une circulation forcée.

Le deuxième cas s'appelle « graissage limite » ou encore « graissage par film moléculaire ». Dans ce cas, la couche lubrifiante n'a que quelques molécules d'épaisseur, et pour faire glisser l'une des surfaces sur l'autre, il est nécessaire de lui appliquer une force mesurable. La plupart du temps, c'est ce mode de graissage imparfait qui intervient, dans lequel il est difficile d'obtenir la formation d'une pellicule continue; c'est ainsi que la vitesse varie beaucoup au départ d'une machine, que la charge varie à la mise en place de la courroie, que la viscosité varie avec la température, que les paliers s'usent, etc...; ces circonstances font que les surfaces se trouvent dans un état de lubrification imparfaite, auquel correspondent des coefficients de frottement variables et compris entre 0,01 et 0,1.

Le graissage limite joue souvent le rôle principal, par exemple dans le cas des engrenages ou dans le cas de l'emploi des graisses. On peut donc considérer que ce mode de graissage a dans la pratique une importance considérable.

Il n'y a pas de lois bien définies régissant la lubrification des surfaces semi-lubrifiées. La résistance au frottement est, en effet, constituée en partie de frottement solide (sec) et en partie de frottement fluide; plus le frottement solide prédomine, plus la propriété connue sous le nom d' « onctuosité » acquiert de l'importance et moins la viscosité de l'huile intervient. Le but de la lubrification des surfaces de ce genre est de réaliser le meilleur compromis entre la réduction de l'usure et la diminution du frottement fluide. Lorsqu'on se trouve dans les conditions d'une faible pression et d'une grande vitesse, la réduction du frottement fluide est, d'ordinaire, le facteur le plus important à considérer, et il y a lieu d'utiliser des huiles de faible viscosité et de grande onctuosité, tandis que s'il s'agit de fortes pressions et de vitesses faibles, c'est à la réduction de l'usure qu'il faut s'attacher; il y aura alors lieu d'utiliser des huiles visqueuses d'une grande onctuosité.

Le cas de graissage limite, faisant intervenir des questions d'adhérence, de structure et d'orientation moléculaire, est donc celui qui est le plus susceptible de nous éclairer sur la nature même des phénomènes de lubrification; c'est aussi depuis quelques années, celui qui a été le plus étudié tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique. Je chercherai donc à relier les propriétés d'onctuosité des huiles avec des phénomènes moléculaires mis en évidence par des méthodes physiques et physico-chimiques, et à définir plus exactement la question du frottement avec couche moléculaire lubrifiante, pour en déduire les relations avec le problème pratique du graissage.

La structure du film limite.

Prenons deux disques métalliques à surface rigoureusement planes, suspendus à des fils métalliques et complètement immergés dans un bain d'huile, et supposons que nous approchions les deux disques de façon à ne laisser entre eux qu'une mince couche d'huile correspondant encore au régime du graissage par film fluide.

L'écartement minimum des deux disques, pour obtenir encore ce résultat est voisin de 1/100 mm., soit plusieurs centaines d'épaisseurs moléculaires.

Examinons de plus près la couche d'huile séparant les deux disques; au sein de la couche, les molécules peuvent se mouvoir librement, comme au sein d'une masse liquide quelconque. Ces déplacements n'obéissent à aucune loi définie et sont uniquement dus aux effets de la température. Si l'on cherche à faire glisser un des plans sur l'autre, on sent une résistance, exactement comme lorsqu'on cherche à mouvoir un aviron dans l'eau.

Cette résistance est due au frottement fluide et dépend de la viscosité de l'huile. Ce qu'il importe de noter, c'est que la force nécessaire pour provoquer ce mouvement est proportionnelle à la vitesse avec laquelle se déplace le disque mo-

bile. Pour une vitesse infiniment petite, la force nécessaire est infiniment petite; il n'y a pas de frottement *statique*, mais uniquement du frottement *visqueux*.

Supposons maintenant que nos disques s'approchent graduellement l'un de l'autre, et que leur distance soit réduite à une valeur aussi faible que l'on voudra. Il est évident que lorsque le film deviendra très mince, il faudra de plus en plus de temps à l'huile encore libre pour s'échapper d'entre les plans métalliques. Toutefois, l'écoulement de l'huile comprise entre les plans ne continuera plus indéfiniment; il s'arrêtera au moment ou la couche d'huile aura atteint une épaisseur variant avec sa qualité, et qui est de l'ordre d'une dizaine de molécules (300 Å $= 0\,\mu, 03$). Nous arrivons résistent à l'effort, et il est impossible de faire glisser l'un des plans sur l'autre sans dépense d'énergie mécanique. On constate que, dans la zone du film limite, le coefficient de frottement statique — et ceci est très important — varie avec le type de molécules constituant la couche grasse.

Nous allons tout d'abord résumer les expériences qui ont permis de se faire une idée de la structure de ce film ultime d'huile; nous décrirons ensuite rapidement les expériences qui permettent de confirmer ces hypothèses, et nous terminerons en résumant quelques recherches toutes récentes que nous avons effectuées à l'Institut de Physique de Besançon, et qui permettent entre autres choses de classer la valeur des divers lubrifiants.

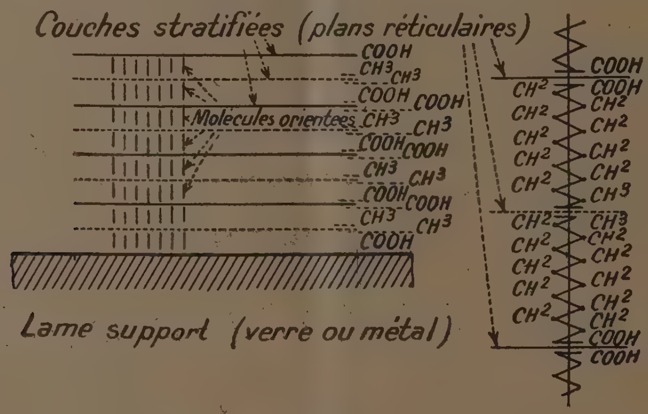


Fig. 1.

ainsi dans la zone du « film limite », zone dans laquelle apparaissent des phénomènes entièrement nouveaux. En particulier, nous ne pouvons plus amorcer le glissement d'un des plans sur l'autre sans lui appliquer une certaine force, de valeur bien définie; en d'autres termes, il y a maintenant un coefficient de frottement statique, de valeur exactement mesurable.

Si nous cherchons à connaître les causes de ce changement dans le comportement du film, nous devrons faire appel à des expériences extrêmement délicates et mettant en œuvre des techniques variées, comme la diffraction des Rayons X ou des électrons, la mesure des coefficients de frottements dans le stade onctueux, des mesures d'adsorption. Nous en parlerons plus loin; pour l'instant, je dirai que dans cette couche très mince, les molécules ne sont plus libres de se mouvoir au hasard, mais qu'elles sont en quelque sorte liées, ou fixées plus ou moins sur les surfaces métalliques, et c'est là l'origine de l'onctuosité.

Quand on cherche à déloger ces molécules, elles

⁂

PREMIERE PARTIE

Il convient avant tout de souligner que l'onctuosité n'est pas une propriété intrinsèque de l'huile elle-même. C'est plutôt une propriété afférente à l'interface formée par l'huile avec le métal ou tout autre corps solide. La nature des métaux constituant les deux surfaces et le type moléculaire de la couche d'huile qui les sépare influent tous deux sur la résistance opposée à l'effort, autrement dit sur le coefficient de frottement statique.

Le facteur le plus important dans l'étude de l'onctuosité est probablement le fait que les molécules d'huile se placent dans une direction bien définie quand elles se trouvent très près ou au contact d'une surface métallique. On traduit ce fait en disant qu'elles *s'orientent*.

Toutes les molécules liquides, solides ou gazeuses peuvent être considérées comme portant chacune une charge positive et une charge négative de même grandeur. La molécule, considérée dans

son ensemble, est donc électriquement neutre, mais il existe de nombreux types de molécules dans lesquels ces charges + et — ne sont pas distribuées symétriquement; une telle molécule se comporte comme si elle avait un couple de charge ∓ en surnombre, plus rapproché d'une extrémité que l'autre. Une telle molécule est donc assimilable à un doublet électrique et possède donc *un moment électrique permanent*, mesurable, et ce moment est en relation avec la dissymétrie moléculaire.

Admettons que le film limite répandu sur la surface métallique soit entièrement formé des molécules d'une huile fixe, végétale ou animale, ou encore d'un acide gras, l'acide stéarique ou oléique. Les recherches par rayons X que j'ai faites autrefois ont permis de montrer que la molécule d'acide gras affecte la forme d'un bâtonnet allongé, terminé à un bout par le groupe CH^3 et à l'autre par le groupe carboxyle COOH; c'est ce groupe carboxyle qui porte la charge électrique non équilibrée (fig. 1, p. 96).

Ce groupe constitue, en quelque sorte, l'extrémité « active » de la molécule, et toute explication relative à la façon dont se comportent les molécules d'acide oléique dans le film limite se base sur l'activité du groupe carboxyle terminal. Pour un triglycéride, ce sera le groupe « radical glycérique » (fig. 2).

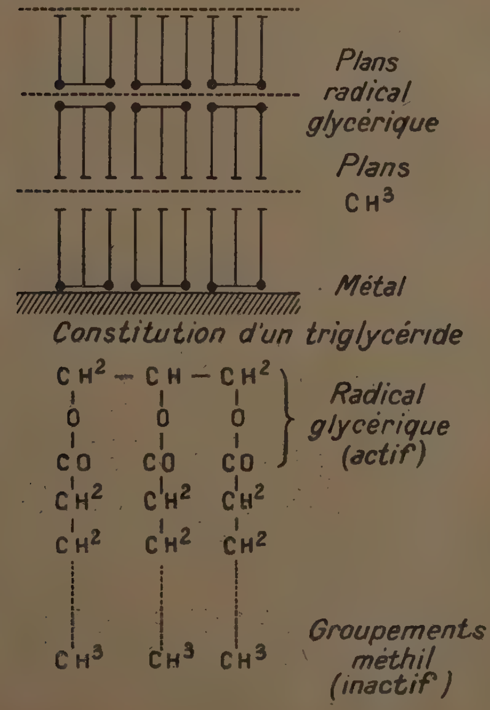


Fig. 2.

Par ailleurs, une surface métallique possède un champ d'énergie superficiel, de nature électrique, dû au rayonnement des atomes qui forment cette surface; les atomes se comportent comme s'ils portaient de minuscules charges électriques, et l'effet global est celui d'un champ de force s'étendant, à partir de la surface, à une très petite distance de celle-ci, et affectant uniquement les corps amenés dans son rayon d'action.

Autrement dit, pour que le champ superficiel puisse agir sur un corps, il faut que ce dernier se trouve à une *très faible distance* de la surface.

Nous pouvons voir alors ce qui se passera dans un film limite d'acide oléique par exemple, formé sur une surface métallique. Les extrêmités actives des molécules, c'est-à-dire les COOH (où se trouve localisé le doublet électrique), se dirigeront vers le métal, s'y enracineront par suite de leur forte attirance électrostatique par le métal, et formeront une couche adsorbée monomoléculaire. En ce faisant, elles s'orienteront perpendiculairement à la surface du métal (fig. 1 et 2).

Les molécules suivantes seront encore attirées à travers la première couche d'acide oléique, formeront une deuxième assise orientée, etc...; mais le champ électrique s'affaiblissant très rapidement, l'orientation deviendra de moins en moins bonne, et, à partir d'une distance correspondant à quelques épaisseurs moléculaires, les molécules seront disposées d'une façon absolument quelconque et désordonnée. Nous sommes alors à la frontière de cette couche limite.

L'épaisseur totale de cette couche varie suivant l'activité des molécules liquides et celle du champ superficiel du métal, et ceci explique dans une large mesure les degrés d'onctuosité très différents qu'on observe avec les diverses combinaisons de métaux et d'huiles. J'ai pu montrer par exemple que pour les acides gras saturés, mis en contact avec un métal, la stratification se poursuit sur plusieurs dizaines d'épaisseurs moléculaires.

Il est logique de s'attendre à ce que, plus les molécules seront grosses, mieux elles s'agripperont latéralement, et aussi mieux elles s'orienteront; l'onctuosité sera donc aussi fonction de la dimension moyenne des molécules du lubrifiant. On peut en avoir une idée par une comparaison due à Woog : considérons trois tas de matériaux, l'un de sable, l'autre de pierres, le troisième de boulets de canon, ces trois tas représentant respectivement les petites, moyennes et grosses molécules. On peut enfoncer facilement une barre de fer dans le tas de sable; on peut à grand'peine l'enfoncer dans le tas de pierres, mais il est impossible de le faire pénétrer dans le tas de boulets.

Les travaux de Hardy sur la lubrification limite

ont abouti à des conclusions importantes quant à l'influence du poids moléculaire sur le coefficient de frottement statique.

Le résultat principal est le suivant : *il existe une relation linéaire* entre le poids moléculaire et le coefficient de frottement statique pour un certain nombre d'hydrocarbures paraffiniques et les alcools ou acides gras correspondants. Plus la chaîne carbonée est longue, plus le frottement statique est faible.

Le graphique 3 révèle un autre fait du plus haut intérêt : si l'on prolongeait les droites représentatives, elles couperaient l'axe des poids moléculaires. En ces points, on arriverait donc, avec des corps à chaîne carbonée suffisamment longue, à un coefficient de frottement nul. Ceci n'a pu être observé expérimentalement à cause de la sensibilité insuffisante des appareils.

Ces travaux ont clairement mis en évidence l'influence du champ superficiel de la phase solide; avec un même liquide, le verre et l'acier donnent des coefficients différents.

On voit aussi que les courbes sont sensiblement parallèles. Pour expliquer ce fait, HARDY admet que l'effet du frottement sur chaque molécule du lubrifiant est indépendant de la nature de la surface solide, et dépend uniquement de la structure de la molécule. Ceci paraît confirmé par la comparaison des courbes relatives aux hydrocarbures et à leurs alcools. Les alcools, ayant dans leur molécule des groupes électriquement actifs (CH^2OH), donnent des coefficients de frottement plus bas, mais la droite joignant les points représentatifs reste, dans l'ensemble, parallèle à celle des hydrocarbures.

Ces considérations nous permettent de nous faire une idée plus ou moins approchée du mécanisme de l'onctuosité.

En effet, reprenons notre système idéal de deux surfaces métalliques rigoureusement planes séparées par un film d'huile n'ayant que quelques molécules d'épaisseur. Si ce film est stable et résiste à la pression sans se déchirer, on dit qu'il y a onctuosité. A quoi donc est due cette stabilité du film moléculaire ?

Pour un film liquide séparant deux surfaces solides, la stabilité s'exprime par la résistance qu'offre l'huile à l'expulsion agissant dans l'interstice des surfaces. Quand on atteint l'épaisseur limite, toute huile libre s'est échappée d'entre les surfaces; celle qui reste est fixée sur les surfaces par *attraction électrostatique*. L'huile restante, adsorbée par les surfaces solides, est elle-même assimilable à un solide; elle a en effet

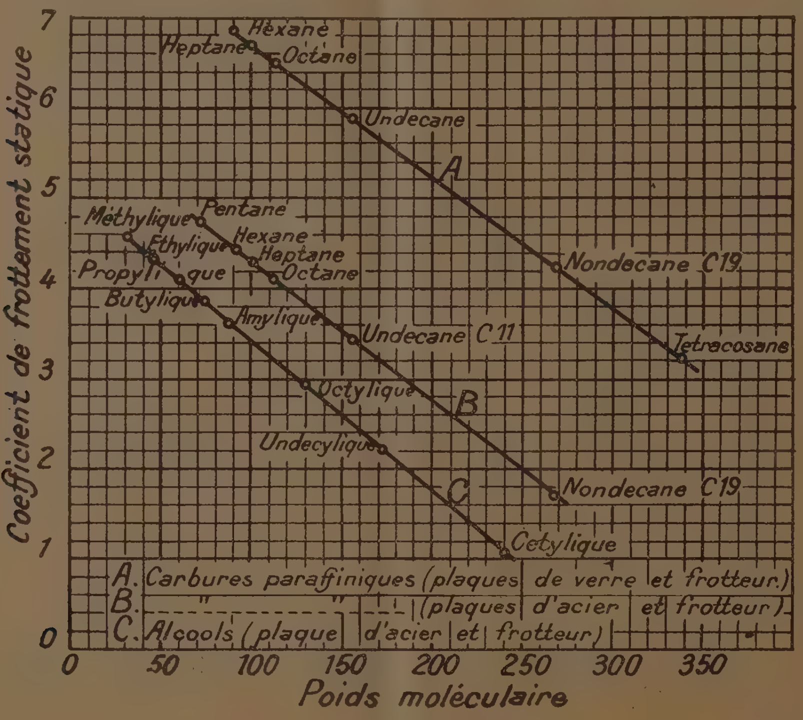


Fig. 3[1]

perdu la mobilité, propriété caractéristique de l'état fluide. Nous verrons d'ailleurs que ce film d'huile adsorbée n'est pas constitué par l'ensemble des molécules du lubrifiant, mais seulement par certaines d'entre elles, sélectionnées en quelque sorte par le métal.

Nous avons vu que la faculté de s'orienter au contact d'une surface résidait, pour une molécule, dans la présence d'un doublet électrique, et que cette orientation s'accompagnait de la formation de feuillets dont l'épaisseur totale dépendait de la structure de la molécule et de son activité. Les molécules actives comme l'acide oléique sont donc capables de former un film limite très adhérent; cependant des molécules inactives le peuvent également, bien qu'à un degré moindre : c'est le cas des hydrocarbures saturés du type paraffines (hexane-nonadécane-tétradécane, etc.). Comment expliquer cela ?

Prenons par exemple le tétradécane, CH^3 — $(CH^2)^{12}$ — CH^3, liquide à la température ordinaire, et se solidifiant à 5°. Les molécules de ce type se comportent différemment de celle de l'acide gras correspondant (ac. myristique), car les charges électriques y sont distribuées de façon parfaitement symétrique, et il n'y a donc pas de moment électrique.

Toutefois, bien qu'une molécule ne possède pas un moment électrique permanent, sa symétrie électrique peut se trouevr déséquilibrée par *influence.*

Une expérience d'électrostatique très simple permet de s'en rendre compte. Prenons un petit cylindre en matière conductrice et suspendons le horizontalement, par son milieu, à un fil isolant sans torsion. Dans ces conditions, le cylindre ne subit aucun effet directeur, et reste dans toute position où on le place. Si maintenant nous l'approchons d'une plaque métallique chargée électriquement, il pivote de telle sorte que son grand axe se trouve maintenant dirigé vers la charge. Si on l'approche suffisamment de la plaque, il s'y collera par une de ses extrêmités, qui sera celle qui se trouve le plus près de la charge électrique à ce moment.

L'explication réside dans le fait que, dans tout conducteur isolé qu'on place dans un champ électrique, il s'effectue une séparation des charges par influence. A l'extrémité la plus voisine de la plaque électrisée, la charge sera de signe contraire à celle de la plaque. L'influence a donc créé *temporairement* un moment électrique dans un corps initialement neutre.

Ramenons maintenant ces phénomènes à l'échelle moléculaire, et voyons ce qui se passe quand un hydrocarbure paraffinique, de l'hexane ou du tétradécane, est mis en contact avec une surface métallique.

Dans ces conditions, et à une faible distance de la surface, les molécules se meuvent absolument au hasard, et ne présentent aucune orientation. Les molécules en contact direct avec la surface métallique, et celles des couches très proches, s'orienteront perpendiculairement à la surface, sous l'action des charges induites temporaires, en formant une *couche adsorbée.*

Le champ d'énergie du métal ne sera pas saturé par une couche monomoléculaire, mais il est improbable qu'il puisse se former un film stable comprenant autant de couches que cela est possible avec des molécules actives polarisées comme celles d'acide oléique.

Autrement dit, si nous appliquons l'une contre l'autre deux surfaces métalliques séparées par une substance non active, comme un hydrocarbure paraffinique, le nombre des molécules libres qui pourront être expulsées par la pression sera plus grand que si l'hydrocarbure était remplacé, par exemple, par un acide gras.

Dans le cas ou l'huile renferme surtout des substances actives, acide oléique, acide gras ou triglycéride (cas des huiles végétales ou animales) on aura donc formation d'un film limite fortement adhérent. L'huile aura tendance à s'enraciner sur le métal, et à ne pas être chassée par la pression : c'est le cas idéal d'une huile onctueuse, qui, répandue sur un métal, ne s'étale pas.

Une huile constituée de carbures saturés — huile minérale paraffinique par exemple — aura au contraire tendance à se répandre rapidement sur le métal, à le mouiller, et à être chassée par la pression. Elle ne conviendra pas si l'on recherche l'onctuosité, c'est-à-dire pour des vitesses faibles et de lourdes charges; par contre, étant donnée sa mobilité, son pouvoir mouillant, elle conviendra très bien au graissage hydrodynamique en film épais, dont le principal rôle est de séparer des surfaces et d'éliminer des calories.

Et nous comprenons maintenant quelle est l'origine de la diversité d'emploi des huiles de graissage, et quelle en est la cause profonde.

Enfin, avant de passer aux expériences qui feront l'objet de la deuxième partie de cet article, je voudrais faire remarquer que ces propriétés si importantes d'extension des huiles et d'adhérence sur les métaux sont en relation directe avec la *tension interfaciale huile-métal.*

Malheureusement, la détermination directe de cette tension, qui serait si importante à connaître, est impossible à réaliser. Je signalerai seulement deux tentatives, l'une, de Dallwitz-Wegener, consistant à mesurer l'angle de raccordement huile-

métal : plus celui-ci est petit, plus l'huile s'étale et mouille le métal; l'autre, consistant en la mesure de l'ascension capillaire de l'huilé entre deux plaques métalliques.

Si la détermination directe de la tension huile-métal est impossible, celle de la tension superficielle de l'huile, ou mieux de la tension interfaciale huile-eau pure, est au contraire possible, et nous verrons plus loin comment l'on peut passer de cette mesure à celle de la tension huile-métal, c'est-à-dire au problème qui nous intéresse directement en ce qui concerne la valeur pratique d'une huile et son étude en fonction de divers facteurs.

DEUXIEME PARTIE

Je vais maintenant résumer un certain nombre de recherches que j'ai entreprises ces dernières années par des moyens très différents, et qui d'ailleurs n'avaient nullement pour but l'étude du graissage, mais bien plutôt la détermination de certaines structures moléculaires. Il s'est trouvé que ces recherches ont permis de vérifier la plupart des hypothèses précédentes et d'en tirer des conclusions nouvelles.

Nous commencerons par résumer les résultats d'ordre plutôt théorique auxquels je suis arrivé en utilisant la spectrographie par les rayons X, puis la nouvelle technique de diffraction des électrons; enfin nous parlerons de nouvelles recherches actuellement en cours et ayant trait aux phénomènes d'adsorption des huiles sur les métaux.

a) **Rayons X.**

Si l'on dépose un acide gras, aussi bien solide que liquide, sur une lame métallique, et qu'on spectrographie ensuite celle-ci par la méthode du cristal tournant, on constate qu'on obtient outre le spectre propre de l'acide en excès dans le cas où celui-ci est solide, un spectre caractérisant l'attaque du métal par l'acide.

L'interprétation des diagrammes et les résultats numériques qu'ils fournissent — sur lesquels je n'insisterai pas ici — montrent que l'attaque du métal par l'acide gras se traduit par la formation d'une très mince couche, invisible la plupart du temps, et que cette couche possède une structure stratifiée, analogue à celle d'un paquet de cartes à jouer. Les COOH se sont enracinés dans le métal, et les molécules ayant acquis une base solide, se sont orientées parallèlement en groupant leurs extrémités dans des plans réticulaires équidistants. Voici donc, grâce aux Rayons X, la preuve absolue de cette orientation et de ces stratifications moléculaires dont nous parlions dans la première partie.

C'est en effet exactement ce qui se passe lorsqu'on a à faire à une huile végétale ou animale, ou encore à une huile minérale possédant des molécules actives : ces molécules actives sont sélectivement attirées par le métal pour y former des couches stratifiées; la surface métallique se trouve ainsi remplacée par une surface garnie extérieurement de CH^3; le champ électromagnétique intense rayonné par le métal se trouve en partie neutralisé et remplacé par le champ beaucoup plus faible émané des terminaisons CH^3, et, par suite, le frottement dû à l'attraction moléculaire se trouve réduit.

Les feuillets ainsi formés, et que l'on peut mesurer grâce aux rayons X, glissent très facilement les uns sur les autres, tandis qu'ils résistent aux déformations dans toute autre direction (fig. 1).

Mais les acides gras ne sont pas les seuls corps susceptibles de s'orienter énergiquement à la surface des métaux; j'ai pu montrer par exemple qu'il en était de même pour les triglycérides, et ceci s'explique par la présence dans ces molécules d'un moment électrique permanent. J'ai vérifié le fait dans le cas de tous les glycérides solides, tripalmitine, tristéarine, trimyristine, etc. (fig. 2).

La molécule de ces corps est assimilable à un porte-manteau à trois patères, et la partie active correspond au radical glycérique; c'est elle qui vient se fixer sur le support, et alors les trois chaînes se dressent verticalement; une seconde molécule fait face à la première, mais se place en sens inverse, de sorte qu'ici aussi le feuillet élémentaire comprend deux molécules. Les plans CH^3 sont des plans de facile glissement; en effet, l'activité des terminaisons méthyle est très faible, et l'on peut démontrer d'ailleurs, au moyen de la répartition de l'intensité dans les différents ordres des spectres, qu'il subsiste, entre 2 CH^3 en regard, comme un vide de matière.

Sous le moindre effort tangentiel à ce plan, on aura donc glissement ou clivage aisé; c'est ce qui donne à ces substances le toucher gras et glissant que l'on connaît, et c'est là également, dans cette structure si spéciale, qu'il faut chercher l'origine de l'onctuosité.

L'un des facteurs de l'onctuosité est donc, d'après les renseignements que nous fournissent les Rayons X, la facilité avec laquelle des corps peuvent s'orienter et prendre une structure stratifiée ou lamellaire du genre de celle que je viens de décrire. J'ai vérifié cela pour des corps tout différents, comme le mica ou le graphite

incorporés à des graisses ou à des huiles, et qui s'adsorbent sur les surfaces métalliques sous forme de lamelles onctueuses, dont on peut déterminer l'équidistance.

Mais cette onctuosité est-elle une propriété permanente de la matière, ou bien est-elle, en quelque sorte, accidentelle ou provoquée? Les rayons X vont encore répondre à la question. Pour cela, adressons-nous à des substances telles que suifs, graisses consistantes, graisses à boîtes de vitesses, etc..., qui présentent un aspect amorphe et possèdent une consistance pâteuse.

Une petite quantité de ces produits est placée sur une lame de verre ou de métal, puis recouverte d'une autre lame de verre ou de métal à qui l'on imprime ensuite un mouvement de va-et-vient, en même temps qu'on presse les deux pièces l'une contre l'autre. Dans ces conditions, on constate que la résistance observée au début quand la graisse commence à s'étaler, diminue progressivement à mesure que la couche s'amincit et que la graisse s'étale. On sépare alors par glissement les deux lames qui se trouvent enduites d'une mince couche de graisse; c'est cette préparation que l'on place sur le barillet du cristal tournant et que l'on spectrographie.

Dans la plupart des produits essayés, on constate ainsi l'apparition de spectres d'orientation dont certains sont très intenses. La présence de ces spectres prouve d'une façon certaine que la couche graisseuse s'est stratifiée par suite du frottement des pièces l'une contre l'autre; dans certains cas, le simple étalement avec le doigt suffit à en provoquer l'apparition.

C'est donc *par le jeu même* des organes en mouvement que se produit la formation en feuillets, et cette stratification comporte au moins 100 à 200 empilements de feuillets.

Enfin, il y a lieu de signaler que les phénomènes de stratification présentés par les graisses pressées offrent un intérêt analytique : il est possible en effet d'avoir des renseignements sur la composition de la substance, la présence de graisses d'origine animale, végétale, ou minérale, par le calcul des distances réticulaires et l'examen de la répartition des intensités dans les spectres. On peut également, en utilisant successivement des lames de verre ou de métal, déceler les constituants acides qui se manifestent par l'apparition d'un spectre nouveau sur la lame métallique, et étudier enfin l'altération des surfaces graissées par ce procédé de radiométallographie extrêmement sensible.

Les divers résultats que je viens de résumer peuvent être étendus au cas de composés liquides, malgré des difficultés techniques assez considérables; j'ai pu arriver cependant à déceler une stratification dans des composés liquides, tels que l'acide oléique pressé entre lames de verre ou de métal. Ces phénomènes d'orientation moléculaire, qui trouvent ici une application au graissage, sont d'ailleurs extrêmement généraux : on les retrouve dans le laminage et l'étirage des métaux, dans la fabrication de la soie artificielle, dans la structure du caoutchouc, dans la contraction musculaire, etc.; chaque fois que des molécules suffisamment dissymétriques sont contenues dans une masse fluide, soumise à des efforts de tension ou de pression, elles réagissent en s'orientant plus ou moins parfaitement, ce qui se traduit par une modification importante des propriétés mécaniques et physiques, que l'on peut suivre quantitativement par les rayons X.

Pour des molécules non polaires comme pour des molécules polaires, ce phénomène d'orientation suivi de stratification paraît donc démontré en ce qui concerne les huiles et graisses. Mais la présence de molécules actives renforce énormément le phénomène et s'accompagne, en outre, de phénomènes d'adhérence ou plus exactement d'adsorption à la surface des métaux, en conférant à la couche ainsi formée des qualités spéciales qui caractérisent à proprement parler l'onctuosité.

b) **Diffraction des électrons.**

Une nouvelle méthode d'investigation, basée sur les travaux théoriques de Louis de Broglie, a permis récemment d'aller plus loin dans ces recherches : il s'agit de la *diffraction des électrons*. Elle consiste en ceci : on envoie, à la surface ou à travers un film mince d'une substance quelconque, métal ou autre, un très fin pinceau d'électrons de même vitesse. Cette vitesse est produite au moyen d'une différence de potentiel constante, de l'ordre de 30.000 à 60.000 volts par exemple. Dans ces conditions, les électrons, bien que particules matérielles, sont diffractés par la substance qu'ils rencontrent comme s'ils étaient des ondes, dont la longueur d'onde est donnée par la relation :

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \sqrt{\frac{150}{V}}\, 10^{-8}_{\text{cm}}$$

(h = c^{te} de Planck — m = masse de l'électron
v = vitesse — V = voltage accélérateur).

Cette méthode d'investigation est infiniment plus délicate à mettre en œuvre que les rayons X; mais elle donne des renseignements beaucoup plus subtils, car les spectres de diffraction obtenus ainsi se rapportent uniquement aux couches purement superficielles, d'une épaisseur de quel-

ques Angströms, alors que les rayons X fournissent des renseignements moyens relatifs à des épaisseurs de l'ordre du 1/100 ou du 1/10 de millimètres, soit 100.000 fois plus grandes environ. De plus, les phénomènes de diffraction électronique sont extraordinairement intenses; on peut les rendre visibles en plein jour sur un écran fluorescent et les photographier en une fraction de seconde.

Les applications de cette méthode encore nouvelle sont très nombreuses : je citerai par exemple l'étude de la structure superficielle des métaux, du polissage, de l'adsorption des gaz, de la corrosion, de la catalyse, du recuit que l'on peut suivre d'une façon cinématographique, etc. D'une façon générale, presque tous les phénomènes qui se passent au voisinage immédiat des surfaces peuvent être ainsi étudiés.

Au cours des recherches que j'effectue actuellement sur le recuit des métaux, j'ai eu l'occasion de mettre en évidence un phénomène très curieux et en relation avec le graissage. Si l'on examine un métal quelconque, parfaitement propre, et si l'on touche, ne fut-ce qu'une seconde le support sur lequel il est disposé, on constate qu'au bout d'un temps variable, il apparaît un nouveau diagramme, très intense, et qui se superpose à celui du métal. Ce nouveau diagramme est dû à l'extension d'une couche monomoléculaire de corps gras provenant du contact accidentel des doigts, extension suivie d'orientation moléculaire et de cristallisation.

Je ne peux entrer dans le détail de ces recherches qui fait intervenir des considérations cristallographiques et mathématiques. J'ai répété ces essais avec des corps gras définis : acides, carbures, cires, éthers, etc.; ces expériences m'ont montré d'une façon indiscutable qu'une surface métallique se *contamine* avec la plus grande facilité par la simple présence en un point d'une quantité infime de corps gras, et que la couche mono ou bimoléculaire qui se forme spontanément n'est autre chose que cette couche limite, ce film limite dont nous avons déjà parlé. Il devient alors aisé de l'étudier pour les divers métaux et pour les divers corps gras.

En particulier, j'ai pu ainsi montrer que les longues molécules qui constituent les corps gras s'orientent, au contact du métal, perpendiculairement à ce dernier, et que les huiles inactives, huile de vaseline ou de paraffine par exemple, ont la propriété de former ce film plus rapidement que les huiles actives. Par contre, dans le premier cas, le film limite est beaucoup moins adhérent. Tout ceci confirme donc parfaitement, en les complétant, les essais aux rayons X.

En opérant par réflexion d'électrons sur une surface recouverte d'une quantité infime de corps gras (huile, graisse, vaseline, cire), on a même pu prouver que, pour avoir une meilleure orientation, et donc une meilleure onctuosité, il était nécessaire que le lubrifiant ne soit pas constitué d'un seul corps pur, mais soit au contraire un *mélange* de molécules de longueurs diverses; la présence de molécules de longueurs différentes empêche en effet la formation de cristaux, les molécules isolées s'orientant mieux que les agrégats, et c'est là l'explication du fait que les huiles ou graisses techniques sont de meilleurs lubrifiants que les corps purs, hydrocarbures ou acides gras. L'orientation est d'autant meilleure que la longueur moyenne des chaînes carbonées est plus grande; une huile de graissage sera d'autant meilleure que son poids moléculaire sera plus grand. De telles huiles donnent un diagramme électronique caractérisé par des lignes diffuses.

c) **Phénomènes de Clogging ou engorgement moléculaire.**

Maintenant que nous sommes absolument certains des phénomènes qui se passent aux limites du contact huile-métal, nous allons chercher à en tirer quelques conséquences pratiques.

Tout d'abord, si l'on fait écouler une huile à travers un canal étroit (patte d'araignée, conduit capillaire) on peut s'attendre à ce qu'il se forme un film limite plus ou moins épais et adhérent; si le diamètre du conduit est très petit, et si les mouvements de l'huile ne sont pas trop violents, les molécules actives adsorbées pourront s'orienter de proche en proche assez loin de la surface métallique. En ce faisant, elles réduiront le diamètre du conduit et par conséquent le débit de l'huile.

Ces expériences ont été réalisées par WILSON, BARNARD et DOVER. Elles consistent en ceci : on fait écouler de l'huile à travers un orifice capillaire, l'écoulement s'opérant sous pression et à température constantes.

Si l'on mesure le débit de l'huile en fonction du temps, on constate que ce débit baisse régulièrement surtout pendant les premières heures, pour tendre dans certains cas vers un palier, et pour s'arrêter même dans d'autres cas, comme si le diamètre du gicleur allait constamment en diminuant, en s'engorgeant; d'ou le nom de « CLOGGING » donné à ce phénomène (fig. 4, p. 103).

Or, on trouve que, pour un même gicleur de 3/10 mm. des huiles comportant surtout des carbures saturés, donc inactifs, ne subissent qu'une faible diminution de débit, tandis que des huiles

actives ou additionnées d'acides gras, voient leur débit diminuer très rapidement. Ceci s'explique très bien par le fait que les huiles inactives ne forment qu'un film limite peu adhérent, tandis qu'au contraire les molécules actives sont retenues au passage dans le capillaire et forment des stratifications successives.

Si l'on calcule le diamètre réel du gicleur en fin d'expérience au moyen de la formule de Poiseuille, et si l'on adopte une moyenne de 30 Ang. pour la longueur d'une molécule d'huile adsorbée, ce qui correspond à des carbures de

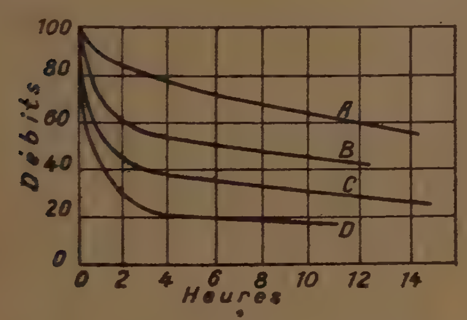


Fig. 4. — Huile velocite dans divers gicleurs (A, Verre ; B, Mg ; C, Laiton ; D, Fer pur et acier).

15 atomes de carbone environ, on trouve un nombre d'assises ou de stratifications moléculaires égal à quelques milliers, c'est-à-dire justement ce que nous avions trouvé par spectrographie X relativement à l'action des acides gras ou triglycérides sur les métaux. Mais ici on a une mesure plus précise que celle basée sur l'intensité de diagrammes.

Enfin, j'ai constaté aussi dans ces expériences de « Clogging » que la pression de l'huile exerçait un rôle essentiel : il est nécessaire d'avoir une pression d'huile suffisante pour que l'engorgement se produise. Et nous retrouvons-là une analogie avec ce que j'avais signalé à propos de la nécessité de laminer ou de presser une graisse pour y faire apparaître des stratifications décelables aux rayons X.

d Mesures de tension interfaciale.

Pour terminer, je vais décrire des expériences que j'ai commencées il y a trois ans et qu'actuellement, j'ai reprises en vue de les étendre au contrôle des huiles de graissage.

On connaît la méthode de mesure de tension interfaciale entre une huile et de l'eau additionnée ou non de certains sels. Cette méthode utilise l'arrachement d'un anneau de platine disposé à l'interface de séparation entre l'huile et l'eau, cet arrachement étant réalisé par la torsion d'un fil d'acier (fig. 5).

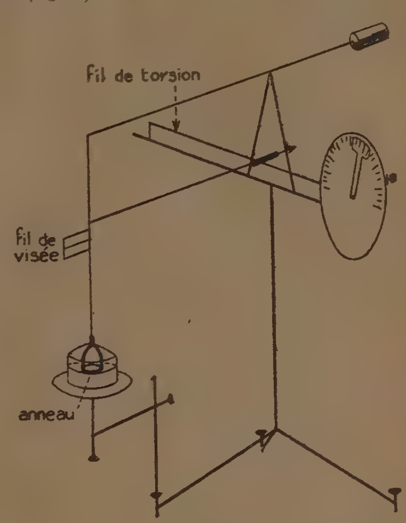


Fig. 5. — Schéma de balance interfaciale.

L'instrument mesure directement, en dynes par centimètres, la force requise pour déchirer le film d'eau soulevé par l'anneau au sein de l'huile. On a alors : $mg = 2\,l.\,\gamma$ d'ou γ. (2 l parce que le film à deux faces).

Au moyen de cet appareil, j'ai cherché à mesurer, non pas tant la valeur absolue des tensions interfaciales huile-eau pure, mais bien plutôt *leur variation en fonction du temps*. Nous allons voir tout le parti que l'on peut tirer de ces mesures.

Tout d'abord, je rappellerai que si l'on dissout un peu d'une substance dans un liquide, la surface de séparation du liquide et d'un milieu différent (air, support solide, autre liquide) sera en général le siège d'une modification de la concentration du corps dissous : pour les substances élevant la tension superficielle du solvant, la couche superficielle est moins riche que la masse liquide; le contraire arrive, pour les substances abaissant la tension superficielle, ce qui est le cas le plus général pour les substances organiques.

Ce phénomène d'adsorption, lorsque le second fluide est un gaz, est régi par la loi de Gibbs, basée uniquement sur des considérations de thermodynamique. Cette loi s'écrit sous la forme suivante :

$$u = -\frac{c}{RT} \times \frac{d\gamma}{dc}$$

c étant la concentration du corps dissous dans la solution;

u l'excès de concentration en gr./cm^3 dans la couche superficielle;

γ la tension superficielle;
T la température absolue;
et R la constante des gaz.

On voit que u et $\frac{d\gamma}{dc}$ sont de signes contraires : si donc la tension superficielle varie en sens inverse de la concentration, il y aura plus de substance étrangère dans la couche superficielle que dans la masse (adsorption positive). Les expériences de Lord RAYLEIGH, LANGMUIR, DEVAUX, HARDY, MARCELIN et WOOG ont montré qu'il en était ainsi si l'on dissolvait de petites quantités de corps gras (acides, alcools, etc.) dans de l'eau : les molécules grasses sont attirées à la surface de l'eau pour y former une sorte de pavage de molécules grasses orientées et disposées côte à côte. Il est même possible de déterminer dans ces conditions la section et la surface occupée par chaque molécule d'un type déterminé; les valeurs ainsi trouvées correspondent bien à celles déterminées directement au moyen des Rayons X.

Supposons maintenant que, dans une huile de paraffine pure, nous versions une très petite quantité d'un acide gras (une goutte d'acide oléique par exemple dans un litre d'huile). Les molécules d'acide seront réparties d'une façon homogène dans la masse de l'huile; mais, si l'on verse cette huile ainsi *activée* sur une surface d'eau pure et rigoureusement propre, les molécules d'acide gras, lorsqu'elles passeront par suite de l'agitation thermique au voisinage de la couche d'eau, seront retenues par cette surface d'eau, s'y enracineront par leur terminaison active COOH et y resteront fixées et orientées, à la façon d'un flotteur de pêcheur à la ligne.

Comme la présence de l'acide gras — ou encore de toute molécule active comme carburé à double liaison, glycéride, etc. — abaisse la tension interfaciale huile-eau, nous devrons donc trouver qu'en fonction du temps de contact, la tension huile-eau diminue. Et il est même à présumer que cette diminution sera d'autant plus marquée que la concentration en acide ou corps actif sera plus grande.

Les expériences que j'ai faites en collaboration avec L. LEPRINCE-RINGUET ont entièrement confirmé ces hypothèses, ainsi que le montre la figure 6.

On voit en particulier que chaque courbe caractérise une concentration en acide oléique, et que chacune d'elle tend vers un palier pour un temps suffisant de contact. Ce qui signifie qu'à ce moment, la couche de passage est entièrement constituée.

De même, WEISS et VELLINGER, à l'Ecole nationale des Pétroles, ont montré que la tension interfaciale variait aussi suivant le pH de la solution aqueuse sur laquelle on dépose l'huile; la forme des courbes de tension interfaciale en fonction du pH dépend également du degré de raffinage ou d'altération des huiles. C'est sur cette remarque qu'est basée l'essai de laboratoire imposé par les conditions de recette de la Marine française.

L'étude systématique de ce phénomène, effectué en utilisant comme impuretés un certain nombre de substances choisies (acides gras à nombre d'atomes de carbone variables, alcools aliphatiques, triglycérides, etc.) m'a conduit à admettre, comme je l'ai déjà dit, que les molécules dissoutes dans l'eau et possédant un moment électrique permanent sont adsorbées à la surface de l'eau, où elles s'orientent. La courbure initiale des courbes représentatives correspond au temps nécessaire à la formation et à l'organisation de ces couches adsorbées.

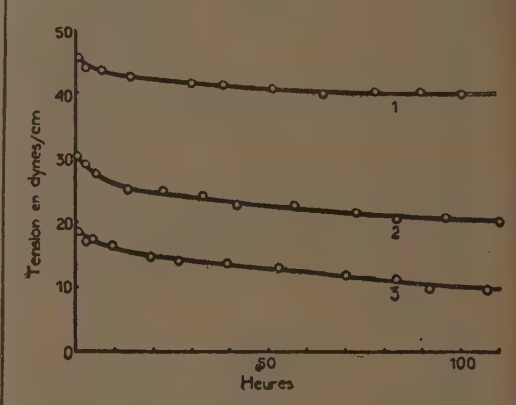


Fig. 6. — Tension interfaciale huile de paraffine + acide oléique sur eau. — 1 Huile pure ; 2. Huile + 1/1.000 Acide oléique ; 3. Huile + 1/100 Acide oléique.
L'abscisse indique le nombre d'heures de contact entre l'huile et l'eau.

La nature de la molécule et la valeur de son moment électrique jouent un rôle important; une preuve très nette en est donnée en dissolvant dans l'huile de paraffine soit du cyclohexanol (possédant un moment électrique permanent), soit du cyclohexane (moment électrique nul); dans le premier cas, on constate une forte baisse de la tension interfaciale, tandis qu'il ne se produit *rien* dans le second cas.

Il est à remarquer enfin que la mesure des tensions est d'une très grande sensibilité, puisqu'elle permet de déceler jusqu'à 1/100.000 d'impureté active dissoute dans l'huile de paraffine.

A la demande du Ministère de l'Air, j'ai appliqué ces observations à l'étude des changements produits dans diverses huiles de graissage par diffé-

rents facteurs, tels que chaleur, rayons ultra-violets, altération en moteur, ainsi qu'à la comparaison des lubrifiants entre eux. Voici le résultat de ces recherches d'ordre pratique.

1° L'altération des huiles par la chaleur se manifeste par une diminution de la tension interfaciale. Pour une même huile, la diminution est d'autant plus forte que le chauffage a été plus prolongé, ce qu'on peut expliquer par la présence de molécules acides, possédant un groupement à moment électrique élevé. Les diverses huiles ne se conduisent pas toutes de la même façon, et la méthode permet de mesurer, d'une façon simple et précise, la marche de l'altération. Des essais semblables ont été également effectués sur des huiles altérées par la chaleur en même temps qu'elles sont agitées (méthode DIXMIER de l'Aéronautique).

2° L'altération par les rayons ultra-violets donne lieu aux mêmes remarques.

3° L'altération d'une huile en moteur peut être également suivie facilement par les modifications de la tension interfaciale. Par exemple, j'ai pu montrer que déjà après une ou deux heures de service dans un moteur d'avion, l'huile présentait un abaissement de tension interfaciale par rapport à l'eau; ce résultat est intéressant, étant donnée la rapidité de la mesure — quelques secondes — et étant donné également que les méthodes chimiques ne peuvent que difficilement déceler des changements aussi faibles.

4° Enfin l'étude d'huiles de graissages neuves, et de marques diverses, donne lieu à des courbes tension/temps différentes. Ceci permet de vérifier la nature et la constance d'un lubrifiant, de classer ceux-ci entre eux, et d'en tirer des conclusions relativement à leur valeur, conclusions qui sont en accord avec les résultats pratiques.

J'ai voulu ensuite ramener les mesures de tension interfaciale huile-eau à la mesure de l'adsorption de l'huile par un métal, phénomène qui en définitive règle tous les problèmes du graissage. Pour cela, l'idée qui m'a guidé est bien simple :

Considérons une huile de paraffine dans laquelle on dissout des quantités variables d'acide oléique, de façon à obtenir une échelle de concentrations comprises entre 1/500 et $1/10^6$. Traçons les courbes de tension huile/eau pure en fonction du temps; chaque courbe caractérise une concentration, et il est facile de déterminer une concentration inconnue par extrapolation. Nous aurons constitué ainsi un véritable étalonnage en fonction de l'activité de l'huile exprimée en acide oléique (fig. 7). (ces courbes et les suivantes ont été obtenues avec une technique légèrement différente, indiquée plus loin).

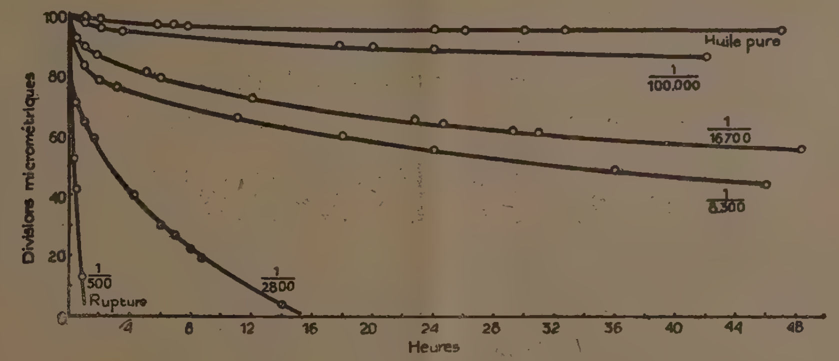


Fig. 7. — Huile de paraffine + Acide oléique sur eau distillée.

Prenons l'une de ces huiles de paraffine activée, par exemple une huile dans laquelle on a ajouté une quantité d'acide oléique nécessaire pour obtenir une concentration de 1/3.000. Mettons-la en contact avec une surface métallique quelconque, des billes d'acier calibrées par exemple; puis reprenons cette huile et soumettons-là à nouveau à la mesure de tension huile/eau pure.

Si tout ce que nous avons dit jusqu'ici est exact, l'huile aura abandonné au contact des billes d'acier une partie de ses molécules d'acide oléique, qui seront venues se fixer sélectivement sur le métal pour former le film limite. Par conséquent, la concentration en acide oléique aura diminué dans l'huile, et nous devrons obtenir au contact de l'eau une courbe différente de la première; en nous reportant à nos courbes étalons, nous déterminerons cette nouvelle concentration.

A partir de ce moment, il sera facile de calculer le nombre de molécules d'acide oléique adsorbées, l'épaisseur du film limite, la section des molécules d'acide oléique; on pourra aussi, en faisant varier les conditions de contact, déterminer la vitesse de formation du film-limite, etc. En

somme, on aura là un moyen nouveau d'étudier d'une façon tout à fait précise ce qui se passe lorsqu'une huile est en contact avec une surface métallique, et nous pourrons alors envisager d'étudier les lubrifiants techniques par ce procédé.

La mesure de tension interfaciale huile/eau n'aura donc servi que *d'intermédiaire*, de méthode de dosage extrêmement sensible, car il est

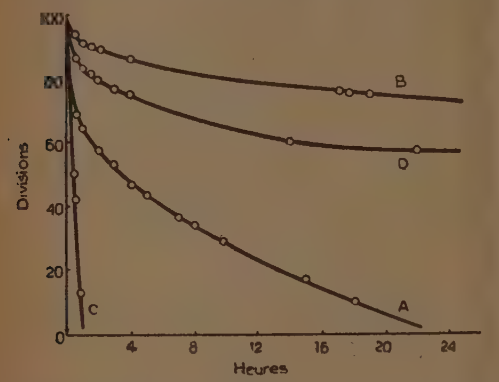


Fig. 8. — Passage sur papier filtre. A, Témoin 1/2.800 acide oléique.; B. Huile (A) après passage sur un papier filtre; C, Témoin 1/500 Acide oléique: D, Huile (C) après contact 1 heure sur 2 papiers-filtres et filtration sur un troisième.

inutile de dire qu'aucune méthode chimique ne permettrait d'atteindre à ce résultat.

Les recherches que j'ai entreprises depuis le

Au lieu d'arracher l'anneau, on le soulève seulement d'une quantité connue et constante, de façon à « tirer » un film d'eau dans l'huile. Pour cela, on amène l'anneau de platine exactement à la surface de séparation huile/eau, puis on applique à cet anneau une force verticale déterminée par une torsion connue du fil : par exemple, partant de la division zéro, on amènera l'aiguille qui règle la torsion à la division 300.

Puisque la tension interfaciale diminue en fonction du temps, la force restant constante, l'anneau se soulèvera progressivement; on suivra ce soulèvement au moyen d'un micromètre. Ainsi l'opérateur n'interviendra pas durant toute l'expérience, et toutes les causes d'erreurs dues à l'arrachement seront supprimées. Il est même facile d'imaginer un enregistrement entièrement automatique du phénomène; c'est ce que j'ai réalisé récemment.

Nous n'obtiendrons évidemment ainsi que des vlaeurs relatives, exprimées en divisions du micromètre, mais cela n'a aucune importance pour le résultat en vue; d'ailleurs, il est facile de passer aux mesures absolues par un étalonnage de l'appareil.

Voyons les résultats principaux :

La figure 7 nous montre d'abord les variations de la tension huile/eau, en fonction du temps et de la concentration en acide oléique, pour de

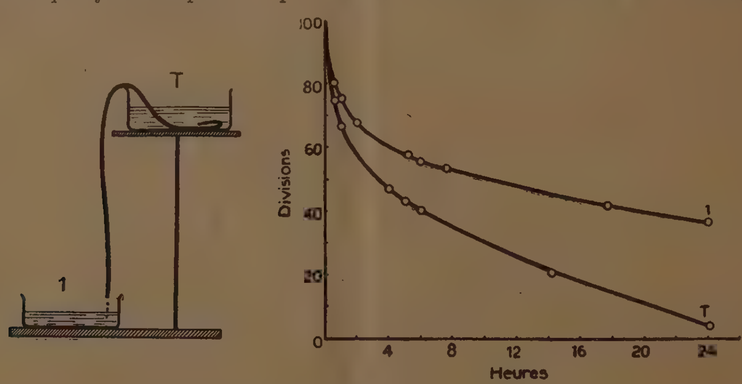


Fig. 9. — A gauche, filtration de l'huile par mèche coton. A droite, les deux huiles 1 et T montrent une grande différence; l'huile 1 a perdu une partie de son activité.

mois de novembre 1935 ont entièrement répondu à ces hypothèses. Pour accroître la sensibilité, et pour éviter les perturbations dues à l'arrachement de l'anneau — arrachement qui trouble à chaque mesure la structure de l'interface — j'ai été amené à modifier la technique[1].

1. Voir J.-J. TRILLAT et R. VAILLÉ : *J. Chimie-Physique :* L'adsorption des huiles en relation avec le graissage. T. 33, 1936, pages 742-758.

l'huile de paraffine. C'est ce tableau qui sert de base à toutes les autres mesures.

Faisons passer une huile de paraffine contenant 1/3.000 environ d'acide oléique sur un papier filtre ordinaire. Après ce simple passage, presque tout l'acide oléique est retenu, et la concentration passe de 1/3.000 à 1/20.000 environ. Ce résultat est inattendu, cependant il se confirme rigoureusement pour les autres concentrations, par exemple en partant d'une huile à 1/500 (fig. 8).

Ainsi donc, une simple filtration modifie d'une façon profonde la constitution moléculaire d'une huile, et lui enlève la plus grande partie de ses constituants actifs qui sont justement les plus importants pour l'onctuosité. On voit tout de suite le parti qu'on peut tirer de là pour l'étude des divers dispositifs de filtration et de récupération d'huiles.

Autre exemple : contact d'une huile de paraffine contenant 1/3.000 d'acide oléique avec du coton de verre. Le phénomène est le même, et nous voyons aussi qu'il dépend du temps de contact; cependant, la plus grande partie des molécules d'acide oléique sont fixées dans les premières minutes.

Que se passe-t-il dans le cas du graissage par mèche ? Les courbes de la figure 9 suivant répondent à la question, en montrant que là encore, l'huile a abandonné une bonne partie de ses molécules d'acide oléique. J'ajouterai que, dans ces divers cas, la méthode permet de déduire la *surface totale* de l'adsorbant, puisque l'on connaît le nombre de molécules adsorbées et la section de chacune d'elles.

Ces expériences faites avec des huiles inactives, comme l'huile de paraffine, volontairement additionnée d'acide gras, prouvent donc d'une façon définitive que ce qui s'adsorbe, *ce sont bien les molécules actives,* fixées sélectivement à la surface du corps adsorbant.

Dans une huile technique, qui est un mélange complexe de molécules actives et inactives, il en est de même. Seulement ici, ce ne seront pas forcément des molécules d'acide oléique, mais aussi toutes molécules douées d'un moment électrique permanent, comme carbures non saturés, acides gras, etc. qui se fixeront sur le métal.

Ainsi prenons une huile fluide du commerce, et faisons la passer sur un, puis deux papiers filtres : on obtient les courbes suivantes, tout à fait semblables aux précédentes (fig. 10).

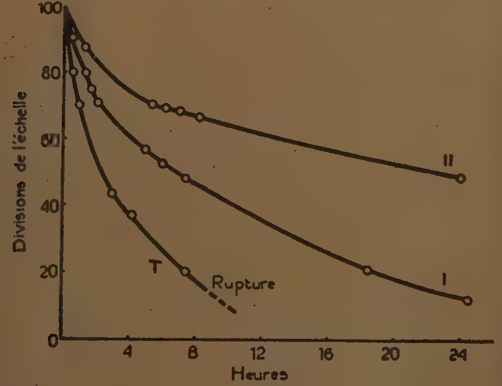


Fig. 10. — Passage d'huile minérale technique sur papier-filtre T. Témoin ; I. Après passage sur un papier-filtre ; II. Après passage sur un 2e papier-filtre.

Ces courbes permettent, non seulement de caractériser le lubrifiant neuf (courbe témoin), mais encore de mesurer son activité ou onctuosité que l'on peut par exemple exprimer en acide oléique, comme on a coutume de le faire dans les déterminations de l'acidité organique.

Enfin, pour terminer, voyons ce qui se passe lorsque l'huile activée est mise en contact avec un métal, par exemple avec un nombre connu de billes d'acier calibrées.

L'effet est très net, bien que moins important qu'avec du papier. Ceci se conçoit, car la surface totale des billes utilisées est très inférieure à la surface de l'ensemble des fibres constituant le papier (fig. 11); ici encore, l'huile a abandonné au contact du métal une partie de ses molécules actives : c'est exactement ce qui se passera lorsque la même huile servira à lubrifier des paliers ou des surfaces métalliques.

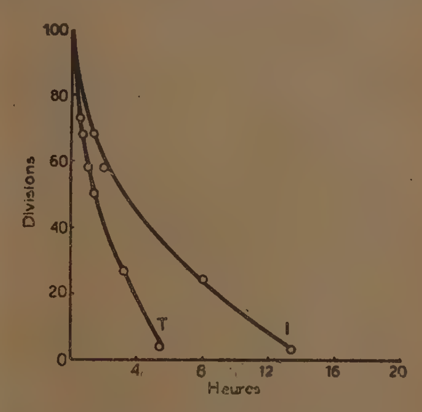


Fig. 11. — Huile minérale technique sur billes d'acier. T. Témoin; I. Après passage sur billes d'acier.

Bien d'autres applications de cette méthode sont encore possibles, mais il sortirait du cadre de cet article de les développer. Quoiqu'il en soit, il apparaît maintenant que l'emploi de moyens d'investigations purement physiques — détermination de moments électriques, rayons X, diffraction d'électrons, etc. — a permis de pousser plus loin nos connaissances sur certains phénomènes importants, comme par exemple le graissage. Ce n'est d'ailleurs là qu'un cas particulier parmi bien d'autres : je me suis simplement proposé ici de développer un des aspects d'un problème touchant à la fois à la Science pure et à la Technique industrielle.

Jean J. Trillat,
Professeur à la Faculté des Sciences
de Besançon.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

I. **Menchoff** (D.). — **Les conditions de monogénéité.** — 52 *pages*. 1936. *(Prix : 15 fr.)*.

II. **Godeaux**. — **Les involutions cycliques appartenant à une surface algébrique.** — 45 *pages*, 1935. *(Prix : 12 fr.)*.

III. **Chevalley** (C.). — **L'arithmétique dans les algèbres de matrices.** — 35 *pages*, 1936. *(Prix : 10 fr.)*.

Trois volumes des Actualités Scientifiques et Industrielles (26×17) *publiées par la Librairie Hermann, à Paris.*

I. Cet exposé est consacré à l'étude des conditions suffisantes pour qu'une fonction *f(z)* d'une variable complexe *z* soit holomorphe à l'intérieur d'un domaine ouvert : on considère une propriété locale de la fonction *f(z)* en un point *z*, c'est-à-dire une propriété qui ne dépend que des valeurs de *f(z)* au voisinage de ce point *z*. Il s'agit de savoir quelle doit être cette propriété pour que la fonction *f(z)* soit holomorphe à l'intérieur d'un domaine D, si la propriété a lieu en chaque point de ce domaine, avec exception possible pour les points d'un ensemble fini et dénombrable.

II. Dans ses profondes recherches sur les surfaces hyperelliptiques, M. E. Picard s'est particulièrement attaché aux surfaces dont les coordonnées des points s'expriment en fonctions abéliennes de deux paramètres, de sorte que, aux périodes près, à tout point de la surface corresponde un seul système de valeurs de ces paramètres : ce sont les *surfaces de Picard*, dénomination due à H. Poincaré. M. Godeaux retient des travaux de Enriques, Severi, G. Humbert, Buguerd, de Franchis l'intérêt que présentent les involutions n'ayant qu'un nombre fini de points unis appartenant à une surface algébrique. Cet opuscule se termine par une liste de 58 travaux consacrés à la correspondance entre deux surfaces algébriques, et par l'indication des ouvrages où le lecteur pourra trouver l'exposé des théories de géométrie algébrique dont l'auteur fait usage.

III. L'auteur se propose de montrer que l'arithmétique dans une algèbre complète de matrices C à coefficients dans un corps *R* commutatif ou non, peut se ramener à l'arithmétique dans *R*, ce qui permet de donner des résultats sur la théorie des classes d'idéaux de C. Particularité à signaler : bibliographie exclusivement allemande.

R. DE MONTESSUS DE BALLORE.

***

Nillus (P.). — **Leçons de calcul vectoriel.** — *Tome I : VIII-347 pages, 174 fig. Tome II : 449 pages* (19×28), 88 *fig., sans indication de prix. Librairie de l'Enseignement technique, Paris.*

Du réputé professeur de l'Ecole spéciale des Travaux publics et de l'Ecole spéciale de Mécanique et d'électricité (Ecole Sudria, du nom de son directeur) on ne pouvait attendre qu'un excellent ouvrage sur le Calcul vectoriel. Comme le dit M. Sudria dans sa Préface, « le grand succès de la méthode cartésienne vient du caractère algébrique des procédés qu'elle emploie; un calculateur moyen, en possession des principes, doit arriver au but. Les méthodes purement géométriques demandent plus d'intuition et d'habileté; elles ont un caractère artistique, si l'on peut dire et elles donnent, en général, moins de facilité pour l'intuition ».

Le Calcul vectoriel, lui, est remarquable par la simplicité de ses procédés, par le caractère intrinséque de ses raisonnements, aboutissant à des formules condensées et faciles à retenir; mais, malgré la faveur dont il jouit dans l'Enseignement actuel, il n'entraînera pas la disparition de la méthode cartésienne, qui est et restera un moyen d'investigation fécond et commode.

Le tome I de l'ouvrage de M. Nillus concerne : les règles du Calcul vectoriel, ses applications à la géométrie élémentaire, à la trigonométrie, à la géométrie analytique plane; le tome II se rapporte à l'étude des courbes gauches et des surfaces, à l'étude sommaire des quadriques.

Dans l'ensemble, c'est un exposé parfait de la géométrie analytique enseignée en mathématiques spéciales, mais où les procédés de démonstration et d'investigation sont ceux du Calcul vectoriel.

R. DE MONTESSUS DE BALLORE.

***

Pomey (J.-B.). — **Calcul des Probabilités.** — 1 *vol.* (25×16) *de* 90 *pages. Gauthier-Villars à Paris*, 1936. *(Prix : 25 fr.)*.

Il s'agit principalement, dans cette rédaction d'*une* leçon faite à l'Ecole Supérieure d'Electricité, des applications des lois de Gauss et de Poisson à la théorie cinétique des gaz parfaits : la loi de répartition des vitesses de Maxwell y est à la fois nécessaire et suffisante; il s'agit encore des applications de la dernière de ces lois au calcul du nombre des organes d'un commutateur téléphonique automatique, au mouvement brownien, parce que les radioélectriciens ont à s'en occuper dans des conditions que l'auteur indique. C'est la partie intéressante de cet ouvrage, elle l'est vraiment : à certains points de vue, elle est même originale. La première partie du volume, les deux tiers, est une introduction aux applications que nous venons d'énumérer, par l'exposé des principes élémentaires, une fois de plus,

du Calcul des probabilités. Les noms des mathématiciens en vue sont rappelés, mais M. Pomey n'ignore pas non plus les travaux d'autres savants, dont il reproduit jusqu'aux notations originales. La librairie Gauthier-Villars a la courtoisie de ne pas déparer les ouvrages dont elle demande l'analyse, par des annotations à l'encre indélébile, faites sur la couverture : Nous prenons la liberté de lui dire que nous lui en sommes reconnaissants; mais ceci est une incidente qui précédera cette conclusion : dans l'ensemble, le livre de M. Pomey, ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes, sera le bienvenu.

R. M. B.

2° Sciences physiques.

Herzberg (G.). — **Atomspektren und Atomstruktur.** — *1 vol. de 188 pages. T. Steinkopff, éditeur, Dresde et Leipzig. (Prix, broché : 13 RM.).*

Ce petit livre fait partie de la Collection Wissenschaftliche Forschungsberichte, dont il constitue le fascicule 37. Il se présente comme une simple introduction à l'usage des chimistes, physiciens et physico-chimistes qui désirent s'initier aux rudiments de la spectroscopie atomique. De fait, il ne dépasse pas le niveau relativement très modeste qu'il s'est assigné. Un ouvrage de vulgarisation aussi simplifié aurait certainement rendu de grands services il y a dix ou vingt ans; nous doutons qu'il ajoute un moyen de travail vraiment utile aux nombreux précis spectroscopiqes qui sont à présent en circulation. Nous voyons plutôt un inconvénient à cette multiplication d'exposés élémentaires, dont chaque entreprise de librairie tient à enrichir sa collection. Il n'en reste pas moins que l'opuscule de M. Herzberg est d'une lecture facile, agréable, et, somme toute, instructive. Comme toute compilation très succincte, il rassemble beaucoup de faits et de théories en un petit nombre de pages, et à cet égard il constitue un aide-mémoire de quelque valeur.

Léon BLOCH.

***

Persico (Enrico). — **Fondamenti della Meccanica atomica.** — *1 vol. de 500 pages. N. Zanichelli, éditeur, Bologne, 1936. (Prix, relié : 80 l.).*

Ce volume est le second du Traité général de Physique édité par le Conseil national des recherches italien. Il comporte trois parties. Dans la première, sont exposées les bases expérimentales qui ont servi de point de départ au développement historique de la théorie (modèle de l'atome, quanta d'énergie et quanta de lumière, niveaux énergétiques, mécanique quantique). La seconde partie traite de la mécanique ondulatoire d'une particule unique (introduction mathématique, interprétation par les probabilités, problèmes à une et à trois dimensions, théorie de Bohr et de Sommerfeld). Enfin la troisième partie s'élève à la théorie générale des matrices et des perturbations, aborde les questions de relativité et de spin, l'équation de Dirac et les systèmes à particules semblables. L'ensemble de l'ouvrage, qui est édité avec soin, représente une introduction claire et correcte aux théories quantiques modernes.

L. B.

3° Sciences naturelles.

Gavaudan (Pierre) et **Yu Chih-Chen.** — **Centrosomes et extrusions chromatiques chez les Angiospermes.** — *1 fasc. de 48 p., 16 figures dans le texte, 2 planches.* Actualités Scientifiques et Industrielles, n° 319. *Hermann et Cie, Paris,* 1936. *(Prix : 15 fr.).*

On a cru pendant un temps qu'il existait chez les végétaux des centrosomes présidant aux phénomènes de la mitose, comme chez les animaux; mais les centrosomes que Guignard avait décrits n'ayant pas été retrouvés, on avait abandonné cette conception, que Feng Yen An a fait revivre en décrivant chez *Lonicera* des centrosomes et même des asters polaires. Les deux auteurs, après une étude cytologique approfondie d'un certain nombre d'Angiospermes, sont d'avis que centrosomes et asters n'existent pas; si on voit parfois des corpuscules polaires, ce ne sont que des pseudo-centrosomes, en réalité des grains provenant de l'intérieur du noyau, éjectés dans toutes les directions, très souvent par les pôles du fuseau; ces grains résultent les uns d'un bourgeonnement nucléolaire prophasique, les autres d'une fragmentation nucléolaire au début de la métaphase; les corpuscules extrus disparaissent plus ou moins vite après la télophase. Ces émissions chromatiques sont comparables à celles signalées par divers auteurs sous le nom d'émissions réticulo-nucléolaires (Lenoir).

L. CUÉNOT,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

4° Art de l'Ingénieur.

Davis (A.-H.). — **L'Acoustique moderne technique et industrielle.** (Traduction de M. VARINOIS). — *Dunod, éditeur, Paris. (Broché : 86 fr.; relié : 96 fr.).*

Bien qu'elle compte parmi les sciences les plus anciennes, l'*Acoustique* est demeurée pendant longtemps plus expérimentale que théorique.

Sa technique a fait des progrès considérables au cours des vingt dernières années, qui ont vu non seulement se dégager sa théorie dynamique fondamentale, mais aussi apparaître des méthodes et appareils électriques de mesure ingénieux et précis.

L'ouvrage de M. Davis présente un résumé remarquable de l'état actuel de cette science.

D'abord, une étude théorique complète des caractéristiques du son et de ses sources, ainsi que des systèmes en vibration. Puis un examen des relations électro-acoustiques et des appareils électriques à fréquences acoustiques.

Enfin une analyse minutieuse du son, de ses manifestations, et, peut-on dire, de son « traitement » (intensité, fréquence, réverbération, transmission, filtration, dissipation, absorption, enregistrement, reproduction).

L'étude de l'oreille et de l'ouïe, la mesure et la suppression du bruit, et l'acoustique des bâtiments examinent le transfert dans le domaine pratique des enseignements fournis par les développements théoriques précédents.

Emile FABRÈGUE.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Séance du 26 Octobre 1936 (suite).

2° Sciences physiques (Suite).

MM. **Em. Carrière** et **R. Lautié** : *Formation des oxydes de molybdène $O^8 Mo^3$ et $O^5 Mo^2$.* La réduction du paramolybdate de K par HI donne $O^8 Mo^3$ pour de faibles acidités globales (0,4 mol. gr. par litre) et $O^5 Mo^2$ pour des acidités globales plus fortes (1,5 mol. gr. par litre). $O^8 Mo^3$ apparait comme une combinaison de $O^3 Mo$ et de $O^5 Mo^2$. — MM. **M. Battegay** et **G. Mangeney** : *Les aldéhydes et la nitro-1-méthyl-2-anthraquinone.* — M. **J. A. Gautier** : *Sur une nouvelle série d'α-pyridones N-hydroxyalcoxylées.* — M. **M. Tiffeneau** et Mlle **J. Gutman** : *Transposition moléculaire en série cyclanique. Isomérisation des époxydes dérivés du benzyl-1-méthyl-4-cyclohexène-1 et du benzylidène-1-méthyl-4-cyclohexane.* — M. **J. Hoch** : *Action des organomagnésiens sur les cétoximes.* L'auteur a constaté, en faisant agir divers organomagnésiens sur l'oxime de la benzophénone, qu'on obtient toujours comme produit principal l'imine de cette dernière — MM. **H Moureu** et **M. Dodé** : *Remarques relatives au mécanisme de formation des monochlorhydrines de glycols.* L'oxyde d'éthylène, tout au moins sous sa forme ordinaire non activée, ne semble pas être un intermédiaire de la réaction. — M. **A. Maillard** : *Sur la teneur en deutérium des hydrocarbures légers de pétroles d'origines diverses.* Cette teneur varie avec l'origine des pétroles. L'eau de combustion de certains pétroles peut constituer un produit de départ utile pour la fabrication de l'eau lourde.

3° Sciences naturelles. — M. **Jacques Fromaget** : *Sur l'origine syntectonique des conglomérats et brèches calcaires du Nord-Ouest du Tonkin.* Il s'agit de conglomérats calcaires qui s'intercalent sporadiquement dans le Terrain Rouge norien, ils accompagnent de plus ou moins loin la nappe de la Rivière Noire sur toute sa longueur. Les observations ont montré que le poudingue calcaire du Terrain Rouge n'est autre que l'ultime résultat de la destruction des parties frontales de la nappe en plus grande partie calcaire de la Rivière Noire et de leur translation sur une surface accidentée entravant leur mouvement. — M. et Mme **Fernand Moreau** : *Sur l'antagonisme de quelques cations dans les cultures des Saprolégniées.* Les mélanges deux à deux, des différents sels toxiques pour *Achyla colorata*, se montrent toujours moins toxiques que si chaque sel agissait séparément. Il y a donc une action antitoxique exercée par chaque sel (ou chaque cation) à l'égard des autres. Pour chaque couple de sels, il est une proportion de chacun d'eux pour laquelle le mycélium prend un développement plus grand que pour tout autre. Les ions K et Ca présentent à l'égard des autres ions un antagonisme particulièrement marqué. — Mlle **Marie-Thérèse Gertrude** : *L'élaboration de la matière carbonée par les végétaux en milieux aquatiques.* Les expériences ont été faites sur *Veronica Anagallis* cultivée d'une part dans l'eau, d'autre part à l'air libre. On a constaté que la matière végétale de la plante qui se construit dans l'eau présente pendant toute la durée de la végétation une puissance de photosynthèse supérieure à celle de la matière végétale qui se construit dans l'air. D'autre part la plante fonctionnant sous l'eau élabore autant de matière carbonée que la même plante fonctionnant dans l'air. Ces résultats ne permettent pas d'expliquer les différences morphologiques observées chez les *Veronica* aquatiques ou aériennes par une déficience de la nutrition carbonée chez les plantes immergées. — M. **Jean Cheymol** : *Sur le verbenaloside.* — M. **Robert Weill** : *Le cnidome des Cladonémides* Eleutheria dichotoma *et* Cladonema radiatum, *son cycle et son interprétation.* L'étude du cnidome, chez des méduses et des polypes de *Cl. radiatum* et de *E. dichotoma*, élevés au Laboratoire, montre que, chez ces deux espèces, les polypes possèdent uniquement des sténotèles et les méduses des desmonèmes et des sténotèles. Ces faits confirment la place des Cladonémides de la sous-famille des Dendronémides, parmi les Gymnoblastes vrais, et leur séparation d'avec les Ptéronémides. C'est la première fois que l'on observe des Gymnoblastes vrais qui, durant la moitié de leur cycle évolutif sont dépourvus de desmonèmes et possèdent un monocnidome. — M. **Jean Brouardel** : *Phénomènes nucléaires de la conjugaison chez* Trichodina patellae *Cuénot.* La conjugaison est anisogame. Le microgamète est complètement absorbé par le macrogamète, et un des noyaux du premier (pronucléus ♂) vient s'accoler à un des noyaux du second (pronucléus ♀). Tous les autres noyaux dégénèrent progressivement. L'amphicaryon réalisé donne naissance, par trois mitoses successives, à huit noyaux. L'un d'entre eux est destiné à fournir le nouveau matériel micronucléaire et se divise, cette mitose s'accompagnant de la division de l'infusoire. Des deux infusoires-fils, l'un emportera donc, en plus du nouveau micronucléus, trois noyaux, l'autre, quatre, qui, dans les deux individus-fils, reconstitueront le macronucléus. — M. **Pierre Drach** : *Croissance allométrique et dimorphisme sexuel chez les Brachyoures.* Chez ces Crabes, le développement des ovaires, consécutifs à la mue de puberté, a une action inhibitrice sur la croissance des pinces. Le développement des testicules, sans action sur la croissance des pinces chez les espèces où la constante d'équilibre α (de la loi d'allométrie d'Huxley-Teissier) est élevée (1,20-1,22), a une action accélératrice très forte chez les espèces où la constante α était primitivement faible. Ces résultats, valables pour le grand ensemble des Crabes Brachyrhynques ne sont pas généralisables à la totalité des Brachyoures ; les Oxyrhynques se comportent en effet d'une façon plus complexe. — M. **Roger Husson** : *Sur la faune des cavités souterraines artificielles.* Les animaux rencontrés dans ces cavités (galeries de mines abandonnées des Vosges) sont tous des troglophiles, amenés sans doute par les boisages. Ces troglophiles, bien qu'établis dans les cavernes artificielles depuis de nombreuses générations, parfois plus d'une centaine d'années, ne présentent

aucune modification sensible par rapport à leurs alliés du domaine épigé, pas plus au point de vue de la cécité qu'à celui de la dépigmentation. Il semble donc que l'influence seule du milieu, à laquelle on attribuait jadis tant de puissance, ne saurait faire apparaître chez les troglophiles les caractéristiques des troglobies. — M. **Albert Vandel** : *Le mode de répartition des sexes chez* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius II. *Femelles deutérogènes et femelles monogènes.* Chez *Trichoniscus*, à côté de certains couples donnant une descendance renfermant les deux sexes en proportion normale, il existe des couples donnant une descendance exclusivement ♂ et d'autres une descendance exclusivement ♀. La répartition des sexes dans la descendance d'un couple ne dépend pas du mâle mais est essentiellement fonction de la femelle employée. L'auteur appelle *deutérogènes* les femelles productrices des deux sexes et *monogènes* les autres ; les *arrhénogènes* ne produisant que des mâles et les *thélygènes* que des femelles. Si le mâle est hétérogamétique, le phénomène de monogénie peut être considéré comme le résultat d'une fécondation sélective. Si la femelle est hétérogamétique, on peut penser à une disjonction des gènes sexuels, se produisant toujours dans le même sens, au moment de la réduction chromatique. — M. **Constantin Levaditi**, Mlle **Rachel Schoen** et M. **Louis Reinié** : *Reproduction expérimentale de la conjonctivite lymphogranulomateuse (maladie de Nicolas et Favre) chez le Chimpanzé.* L'inoculation conjonctivale du virus de la maladie de Nicolas et Favre détermine, chez le chimpanzé, une conjonctivite folliculaire et suppurative, avec présence de ce virus dans la conjonctive, dont les modifications histologiques rappellent celles de la lymphogranulomatose inguinale. La possibilité de la contamination de l'homme par voie conjonctiviale devient probable, à la lumière des faits cliniques et expérimentaux. — MM. **Paul Durand**, **Paul Giroud**, **Edouard Larrivé** et **André Mestrallet** : *Transmission expérimentale à l'homme de la maladie de porchers.* En En prélevant du sang chez un porcher au 4e jour de sa maladie et en l'injectant dans les muscles d'un sujet sain on peut reproduire la maladie, après une incubation de 12 jours. On a pu ainsi effectuer 14 passages qui ont porté sur 24 sujets. La constante bégninité de la maladie des porchers autorise à l'utiliser pour la pyrétothérapie de certains troubles mentaux, d'autant plus qu'on a récemment préconisé dans ce but la provocation de méningites aseptiques.

ACADEMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séances de Janvier 1936.

(principales communications).

1° Sciences physiques. — M. **G. Jäger** : *Sons propres des espaces clos et ouverts, des rues et des places.* L'auteur a étudié des volumes allongés au point de vue de l'audition et de la résonance dans leurs rapports avec la position des émetteurs et des récepteurs qui s'y trouvaient placés ; des observations analogues ont été faites entre des parois parallèles. L'auteur applique ses résultats aux rues et places et aux sons propres de l'air produits par des chocs et des ébranlements, par le vent et par l'eau courante ou tombante. — M. **G. Kirsch** : *Explication de différences observées dans la numération des rayons H par la méthode électrique et la méthode de scintillation.* Pour l'auteur, l'excès de 60 à 70 % constaté par la méthode de scintillation n'est pas réel, et doit être attribué à l'intervention d'un effet physiologique et psychologique. Mais l'incertitude des résultats absolus de la méthode de scintillation n'influe que faiblement sur les mesures relatives. — Mlle **B. Karlik** : *Limite de détection des gaz nobles lourds dans l'hélium.* Les concentrations limites de ces gaz qu'on peut déceler spectrographiquement dans l'hélium sont : Spectre ultraviolet : Ne, 2 à 6. 10^{-5} ; Ar, 5. 10^{-4} ; Kr, 3. 10^{-5} ; Xe, 3. 10^{-5}. Spectre visible : Ne, 3. 10^{-5} ; Ar, 3.10^{-4} ; Kr, 2.10^{-5} ; Xe, 3.10^{-5}. — MM. **A. Kutzelnigg** et **W. Wagner** : *Recherches sur la catalyse d'oxydation.* II. *L'oxyde de chrome comme catalyseur.* Pour la catalyse d'oxydation des solutions de ferrocyanure de K par l'oxygène de l'air, on obtient des préparations particulièrement actives par chauffage de l'hydrate de chrome à 350°-450° ; ces préparations sont d'un brun olive et amorphes à l'examen par les rayons X. Le chauffage au-dessus de 500° conduit à un oxyde de chrome vert, cristallin et inactif. III. *Considérations générales.* L'oxyde de fer et celui de cuivre, préparés à certaines températures, sont aussi de puissants catalysateurs. Les oxydes catalysant l'oxydation du ferrocyanure de K accélèrent aussi d'autres réactions, liées au dégagement d'O, comme la décomposition du chlorate de K. Les métaux donnant des oxydes catalysants possèdent en commun une structure incomplète des couches internes d'électrons. — MM. **G. Koller** et **H. Czerny** : *Sur la limonine, substance amère des pépins d'orange.* Les auteurs ont extrait des pépins d'orange deux substances amères : l'une F. 280° probablement identique à la limonine de Bernay, l'autre F. 264°, plus riche en H que la limonine, et qu'ils appellent isolimonine. La limonine n'est pas acétylable ; elle possède deux groupes fixateurs d'alcalis ; par hydrogénation catalytique, elle absorbe 6 H et 1 H^2O en donnant un acide monohydraté $C^{23}H^{34}O^8$, d'où l'on déduit que sa formule est $C^{23}H^{26}O^7$. Par fusion avec KOH, la limonine fournit de l'acide isophtalique et un mélange d'hydrocarbures, que le Se déshydrogène avec formation d'hydrocarbures naphtaléniques. L'isolimonine a la formule brute $C^{23}H^{28}O^7$. — MM. **E. Späth** et **A. F. Simon** : *Sur les coumarines des racines d'*Heracleum Sphondylium *L.* Les auteurs ont isolé de ces racines une coumarine brute, d'où ils ont retiré de la pimpinelline, de l'isopimpinelline, de l'isobergaptène et deux substances nouvelles, la sphondyline, $C^{12}H^8O^4$, F. 161-163°, et la sphondine, F. 189°-191°. Elles renferment un groupe méthoxy et un noyau furanique ; ce sont donc des méthoxy-furocoumarines.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Wagner** : *Contribution à la théorie de la variation diurne des éléments du vent.* Critique de la théorie d'Espy-Köppen et conclusions qui en découlent pour la force et la direction du vent. — M. **F. Werner** : *Résultats d'un voyage d'exploration zoologique dans le Dodécanèse.* Au point de vue de la géographie zoologique, le Dodécanèse est tout à fait hétérogène : tandis qu'Astypalea appartient à l'archipel des Cyclades, Rhodes, Kos et Kalymnos présentent

bien des points communs avec le continent de l'Asie Mineure et la Crète, comme il ressort de la présence d'Orthoptères (*Orchamus yersinii*) et de Scorpions (*Iurus dufoureius*) caractéristiques. — M. **F. Scheminzky** : *Sur la narcose électrique*. Chez les Vertébrés inférieurs, seul le courant galvanique décroissant produit une paralysie comparable en un certain sens à la narcose chimique ; il est probable que cette action du courant se traduit par des variations d'excitabilité électroniques des cellules ganglionnaires isolées.

Séances de Février et Mars 1936.

(principales Communications).

1° Sciences mathématiques. — M. **R. Schumann** : *Les dernières recherches sur les variations de la hauteur du Pôle*. Le tome VII des « Résultats du Service international des Latitudes », qui vient de paraître, contient les résultats des mesures internationales de la hauteur du Pôle effectuées de 1923 à 1931 sur le 39e parallèle, en 3 stations (au lieu de 6 précédemment) : Mizusawa (Japon), Carloforte (Sardaigne) et Ukiah (Californie), situées respectivement aux longitudes (W. Greenw.) de — 141°, — 8°, + 123°. Les amplitudes des deux périodicités principales de la trajectoire polaire : l'annuelle et celle de Chandler (432 jours) ont diminué : la première de 10 %, la seconde de plus de 50 % par rapport à leurs valeurs moyennes de la période 1900-1923. Les erreurs locales ont aussi diminué. Enfin les valeurs moyennes des trois stations ont varié de — 0",20, — 0",09 et — 0",09.

2° Sciences physiques. — M. **J. A. Priebsch** : *Recherches avec le tube compteur sur le rayonnement secondaire de l'ultrarayonnement cosmique à 2.300 m. de hauteur*. Ces recherches ont été effectuées en une station très propice sur l'Hafelekar, près d'Innsbruck. Le rayonnement secondaire présente des variations plus accentuées que le rayonnement total et le rayonnement vertical. La dépendance de la pression atmosphérique est 2 à 3 fois plus forte, ce qui suggère comme cause primaire une composante douce du rayonnement cosmique. Les variations de température exercent aussi une action sur l'intensité du rayonnement secondaire, se traduisant par un effet positif d'environ 1/2 % par degré C. Enfin la variation diurne d'après l'heure solaire est également marquée (amplitude de 1 à 2 %), en particulier si on la compare à la variation dix fois plus faible de l'ionisation (maximum avant midi, parfois à midi). — M. **H. Schober** : *Etude des spectres des gaz nobles au moyen d'un excitateur d'ondes courtes*. L'auteur a employé la méthode d'excitation des spectres gazeux de Pettersson, légèrement modifiée. Les gaz sont enfermés dans de petits tubes de quartz et la décharge observée au moyen d'un gros réseau concave de Rowland, de 4 m. 60 de foyer et avec 15.000 traits au pouce. Les essais faits avec le néon ont permis d'observer presque toutes les séries du néon I en partie jusqu'aux membres les plus élevés des séries ; à côté, on a observé le spectre accusé du néon II et des lignes isolées du néon III. Les intensités sont très différentes de celles qu'on observe par l'excitation habituelle dans un tube de Geissler. Cette méthode paraît très appropriée à l'analyse chimique des gaz, à cause des faibles quantités de substances qu'elle nécessite. — Mlle **J. Wiesthal** : *Action du rayonnement du radon sur diverses espèces de verres*. Cette action est décelée par la solubilité. 7 verres différents ont été soumis pendant 48 h. au lessivage par l'eau distillée à 90°, puis irradiés, et lessivés de nouveau. L'irradiation augmente la solubilité du verre ; l'action de l'émanation n'est cependant pas proportionnelle à sa quantité. Une première irradiation produit un effet résiduel, qui disparaît ensuite. Avant irradiation, l'eau enlève au verre Si, Al et B ; après : Si, B, Al, Na, Ca, Ba, Mg et dans un cas K. — MM. **E. Spaeth**, **L. Schmid** et **H. Sternberg** : *Sur la rhœadine et la rhœagénine*. Ces deux substances ont été extraites du *Papaver rhœas* par Hesse et Pavesi, qui les considéraient comme isomères. Les auteurs montrent que la rhœadine possède bien la formule $C^{21}H^{21}O^{6}N$ et contient un groupe méthoxyle. Mais la rhœagénine correspond à la composition $C^{20}H^{19}O^{6}N$ et ne contient plus ce groupe. La rhœadine possède 1 H actif, la rhœagénine deux, plus un groupe NCH^3. Par oxydation, avec $KMnO^4$, la rhœagénine forme un acide 3-4-méthylènedioxy-phtalique.

SOCIETE ROYALE DE LONDRES

Séance du 21 Mars 1936.

Sir Patrick Laidlew et **W. J. Elford** : *Nouveau groupe d'organismes filtrables*. On a découvert un groupe d'organismes saprophytes filtrables dans les eaux d'égouts. Dans le cours normal de leur développement, leur taille est de l'ordre de celle des virus (0,125 μ à 0,175 μ) ; cependant, on peut rencontrer des formes plus grandes (0,5μ). On a obtenu des cultures en filtrant, à travers des filtres à membranes de porosité appropriée, différentes eaux d'égout additionnées du bouillon de Filde et en conservant les filtrats à 30°C. On a pu isoler ainsi 3 groupes qui diffèrent par les propriétés de leurs cultures et par leurs caractères sérologiques, bien qu'ils paraissent identiques du point de vue morphologique. La petitesse de ces organismes est remarquable ; bien que comparables par leur taille à quelques virus, ils ne peuvent mener une existence indépendante. Jusqu'à présent, on n'a pas pu classer ces organismes. — **Mariön A. Watson (Hamilton)** : *Facteurs qui agissent sur l'importance de l'infection causée par le virus Hy III transmis par Aphis* : Expériences montrant l'action de différents facteurs sur le pourcentage de l'infection causée par le virus Hy III sur le Tabac lorsque le virus est transporté par le *Mysus persicæ*. — **R. Buggles Gates** : *Recherches génétiques et taxinomiques sur le genre* Oenothera. Exposé des résultats qu'on a obtenus en observant pendant 3 années le genre *Oenothera* dans l'est du Canada et les régions voisines. On a pu en décrire 32 nouvelles espèces et variétés, sans compter un grand nombre de formes moins importantes. Distribution géographique des différentes formes, et liens de parenté qui existent entre elles.

H. S.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 3-37